

Aus dem Departement für Nutztiere der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. U. Braun)

Ultraschalldiagnostik bei Kälbern mit Bronchopneumonie

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
Christian Gerspach
Tierarzt
aus Düsseldorf, Deutschland

genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. U. Braun, Referent
Prof. Dr. A. Pospischil, Korreferent

Zürich, 2003
Zentralstelle der Studentenschaft

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
2. LITERATURÜBERSICHT	7
2.1. Anatomische Grundlagen	7
2.1.1. Brustkorb	7
2.1.2. Lunge	7
2.2. Bronchopneumonie des Kalbes	8
2.2.1. Definition und Einteilung	8
2.2.2. Ätiologie und Pathogenese von Bronchopneumonien	9
2.2.2.1. Ätiologie	9
2.2.2.2. Pathogenese	10
2.3. Methoden zur Untersuchung der Lunge	11
2.3.1. Klinische Untersuchung	11
2.3.2. Weiterführende Untersuchungen der Lunge	12
2.3.3. Ultraschalluntersuchung der Lunge	12
2.3.3.1. Mensch	13
2.3.3.2. Tier	13
2.3.3.3. Indikationen	15
2.3.3.4. Schallphänomene	15
2.3.3.5. Sonographische Normalbefunde am Thorax	15
2.3.3.6. Sonographische Befunde bei Bronchopneumonie	16
2.3.3.7. Vergleich von Ultraschall und Röntgen	17
2.3.4. Lungenbiopsie	18
3. MATERIAL UND METHODIK	20
3.1. Tiergruppen	20
3.1.1. Tiergruppe A: 33 Kälber mit Bronchopneumonie	20
3.1.2. Tiergruppe B: 7 klinisch gesunde Kälber	20
3.2. Klinische Untersuchung	21

3.3. Hämatologische und blutchemische Untersuchungen	21
3.4. Methodik der transthorakalen Ultraschalluntersuchung	22
3.4.1. Ultraschallgerät und Videorecorder	22
3.4.2. Vorbereitung der Tiere	22
3.4.3. Untersuchungsgang	22
3.4.3.1. Pleura und Lunge	22
3.4.3.2. Befunderhebung	23
3.5. Lungenbiopsie	23
3.6. Pathologisch-anatomische Untersuchung	24
3.6.1. Pathologisch-anatomische Untersuchung	24
3.6.2. Histologische Untersuchung	24
3.7. Bakteriologische Untersuchung	24
3.8. Statistik	25
3.9. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich	25
4. ERGEBNISSE	26
4.1. Klinische Untersuchung	26
4.1.1. Klinische Befunde: Tiergruppe A	26
4.1.2. Klinische Befunde: Tiergruppe B	27
4.2. Hämatologische und blutchemische Untersuchungen	27
4.3. Sonographische Befunde an Pleura und Lunge	28
4.3.1. Darstellbarkeit und Ausdehnung der Lunge: Tiergruppe A	28
4.3.1.1. Messungen an der linken Thoraxseite	28
4.3.1.2. Messungen an der rechten Thoraxseite	31
4.3.2. Pathologische Ultraschallbefunde: Tiergruppe A	33
4.3.3. Darstellbarkeit und Ausdehnung der Lunge: Tiergruppe B	47

4.3.3.1. Messungen an der linken Thoraxseite	47
4.3.3.2. Messungen an der rechten Thoraxseite	47
4.3.4. Pathologische Ultraschallbefunde: Tiergruppe B	51
4.4. Lungenbiopsie	51
4.5. Pathologisch-anatomische Untersuchungen	52
4.5.1. Pathologisch-anatomische Untersuchungen: Tiergruppe A	52
4.5.1.1. Akute katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie	52
4.5.1.2. Chronische katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie	53
4.5.1.3. Komplikationen von katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien	53
4.5.1.4. Pleuropneumonie	53
4.5.1.5. Interstitielle Pneumonie	54
4.5.1.6. Bronchitis	54
4.5.2. Pathologisch-anatomische Untersuchungen: Tiergruppe B	54
4.6. Zuordnung der Ultraschallbefunde zu den pathologischen Diagnosen	55
4.6.1. Kometenschweifartefakte	55
4.6.2. Luftreflexe	58
4.6.3. Luftbronchogramm	58
4.6.4. Flüssigkeitsbronchogramm	59
4.6.5. Erguss	59
4.6.6. Spange	59
4.6.7. Hepatisation	59
4.6.8. Bronchiektasie	60
4.6.9. Abszess	60
4.6.10. Fehlende Beweglichkeit der Pleura	60
4.7. Vergleich der sonographisch feststellbaren Lungenkonsolidierungen mit der pathologisch-anatomischen Ausdehnung	61
4.8. Bakteriologische Untersuchungen	65
5. DISKUSSION	67

5.1. Beurteilung der sonographischen Befunde an Pleura und Lunge	67
5.2. Beurteilung der Lungenbiopsien und deren Entnahme	67
5.2.1. Vergleich der Lungenbiopsien mit postmortal untersuchtem Lungengewebe	68
5.3. Beurteilung der pathologischen Befunde	69
5.4. Vergleichende Beurteilung der Ultraschallbefunde und der pathologisch-anatomischen Befunde	70
5.4.1. Kometenschweifartefakte	70
5.4.2. Luftreflexe	71
5.4.3. Luftbronchogramme	71
5.4.4. Flüssigkeitsbronchogramme	71
5.4.5. Hepatisation	72
5.4.6. Abszesse und Bronchiektasien	72
5.4.7. Fehlende Beweglichkeit der Pleura	73
5.4.8. Befunde bei fibrinöser Pleuropneumonie	74
5.4.9. Konsolidierungsgrade	74
5.4.10. Vergleichende Beurteilung der Ausdehnung von Lungenkonsolidierungen bei der sonographischen und pathologisch-anatomischen Untersuchung	75
5.5. Möglichkeiten und Grenzen der Diagnostik von Bronchopneumonien mittels Ultraschalluntersuchung beim Kalb	76
6. ZUSAMMENFASSUNG	78
7. SUMMARY	80
8. LITERATURVERZEICHNIS	82
9. LEBENSLAUF	87
10. DANKSAGUNG	88

1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Lungenerkrankungen stellen in der Kälberaufzucht und in der Kälbermast ein häufiges Problem dar und sind deshalb eine wichtige Ursache für Kälberverluste. In allen Haltungsformen treten akute und chronische Fälle von Bronchopneumonie auf. Die durch verschiedene virale und bakterielle Erreger verursachte und durch Faktoren begünstigte Lungenentzündung der Kälber wird unter dem Begriff enzootische Bronchopneumonie oder Rindergrippe zusammengefasst.

Das klinische Bild der Kälberpneumonie ist leicht zu erkennen. Um aber das Ausmass und den Schweregrad der Lungenveränderungen abschätzen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungsmethoden. In der Diagnostik von Lungenerkrankungen beim Rind werden zusätzlich zur klinischen Untersuchung die radiologische und die sonographische Untersuchung eingesetzt. Als weitere Massnahme kann die Trachea endoskopisch untersucht und Tracheobronchialsekret entnommen werden. Um Aufschluss über die alveoläre Zellpopulation zu erhalten, wird eine bronchoalveoläre Lavage durchgeführt. Die Biopsie ermöglicht eine histologische Untersuchung des Lungengewebes.

Die Sonographie ist eine nichtinvasive und praxistaugliche Möglichkeit, die durch die Entzündungsreaktionen entstehenden Gewebeveränderungen darzustellen. Die gesunde Lunge entzieht sich aufgrund der Totalreflexion einer sonographischen Untersuchung. Pleurale oder pulmonale Prozesse, die lokal die Luft verdrängen, bieten der Ultraschalluntersuchung einen Zugang. Die Lungenentzündungen sind durch Gewebeverdichtungen, bedingt durch Exsudate und Zellinfiltrationen, gekennzeichnet (DAHME und WEISS, 1999). Im Gefolge der Entzündung können sich Lungenemphyseme, Abszesse oder Pleuraergüsse entwickeln.

Das Ziel dieser Arbeit war es, Qualität und Ausmass der sonographisch darstellbaren Veränderungen bei Kälbern mit Bronchopneumonie zu beschreiben und die sonographischen Befunde den pathologisch-anatomischen Befunden der untersuchten Kälber zuzuordnen.

Es sollte abgeklärt werden, ob die sonographische Untersuchung geeignet ist, den pathologisch-anatomischen Schweregrad der Lungenveränderungen festzustellen. Mit der Kenntnis des Schweregrades der Lungenveränderungen bei pneumoniekranke Kälbern kann evtl. die Prognosestellung objektiviert und damit verbessert werden. Dies soll eine Triage zwischen den wegen günstiger Prognose zu behandelnden und den wegen infausten Veränderungen zu euthanasierenden Kälbern ermöglichen.

In der vorliegenden Arbeit wurden 7 gesunde und 33 bronchopneumoniekranke Kälber sonographisch und pathologisch-anatomisch untersucht. Zusätzlich wurde die diagnostische Zuverlässigkeit von gezielt entnommenen Lungenbiopsieproben überprüft.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Anatomische Grundlagen

2.1.1. Brustkorb

Der Brustkorb ist als vorderer Rumpfabschnitt von den Brustwirbeln, den Rippenpaaren mit ihren Rippenknorpeln und dem Brustbein begrenzt. Der Brustkorb umschliesst die Brustkorbhöhle. Äussere Haut, oberflächliche und tiefe Rumpffaszie, Muskulatur, innere Rumpffaszie sowie das Zwerchfell lassen in der Brustkorbhöhle eine weitere, in sich geschlossene Höhle, die Brusthöhle, entstehen. Die Pleura parietalis kleidet die Brusthöhle innen aus und die Pleura visceralis überzieht die Organe der Brusthöhle (NICKEL et al., 1987).

2.1.2. Lunge

Das Lungenfeld teilt sich beim Rind in ein präskapuläres und ein thorakales Lungenfeld. Das präskapuläre Lungenfeld liegt kranial der Schultermuskulatur, wo es vom Buggelenk bis zur halben Höhe des Schulterblattes reicht. Das thorakale Lungenfeld wird dorsal vom lateralen Rand der Stammuskulatur begrenzt. Die kraniale Grenze wird oben von der kaudalen Kante des Schulterblattes und unten von derjenigen des Ankonäenwulstes bestimmt. Die kaudale Grenze des Lungenfeldes zieht, ausgehend vom Schnittpunkt des 11. Interkostalraumes mit der Dorsalgrenze, über die Mitte der 9. Rippe und erreicht bei vorgestellter Vordergliedmasse etwa 2 Fingerbreiten oberhalb des Ellbogenhöckers die vordere Begrenzungslinie (STÖBER, 1990).

Die Lunge ist entsprechend der Aufzweigung des Bronchialbaumes in Lappen gegliedert. An der linken Lunge sind ein Spitzenlappen mit einem kranialen und einem kaudalen Anteil und ein Zwerchfelllappen ausgebildet. An der rechten Lunge findet man neben dem Spitzenlappen mit kranialem und kaudalem Anteil einen Mittellappen, einen Zwerchfelllappen und einen Anhangslappen (NICKEL et al., 1987).

Die Lunge ist, bis auf die Lungenwurzel, von der Pleura pulmonalis überzogen. Zwischen Pleura costalis und Pleura pulmonalis liegt der Pleuraspalt mit einer geringen Menge an seröser Flüssigkeit, die eine reibungsarme Bewegung der Lunge ermöglicht (NICKEL et al., 1987).

2.2. Bronchopneumonie des Kalbes

2.2.1. Definition und Einteilung

Eine Lungenentzündung (Pneumonie) ist eine akute oder chronische Entzündung des Lungenparenchyms, meist infektiöser, seltener allergischer, chemischer oder physikalischer Genese (PSCHYREMBEL, 2000). Sie ist durch Gewebeverdichtung, bedingt durch Exsudate und/oder zellige Infiltrationen gekennzeichnet, die zur Verminderung des Luftgehalts der Lunge führen. Je nachdem, ob die entzündlichen Prozesse überwiegend im respiratorischen oder im interstitiellen Gewebe ablaufen, wird zwischen alveolären oder interstitiellen Pneumonien unterschieden. Da die Veränderungen in der Regel ihren Ausgang in den Bronchien beziehungsweise in den Bronchiolen nehmen, spricht man von Bronchopneumonie (DAHME und WEISS, 1999). Der Weg der Noxe verläuft vor allem aerogen, aber auch hämatogen oder lymphogen.

Nach DAHME und WEISS (1999) werden die Pneumonien der Haustiere nach pathologisch-anatomischen Kriterien wie folgt eingeteilt:

- I. Alveoläre Herdpneumonie
 - 1. Fibrinöse Bronchopneumonie
 - 2. Katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie
- II. Interstitielle Pneumonie
- III. Sonderformen
 - 1. Embolisch-metastatische Pneumonie
 - 2. Aspirationspneumonie
- IV. Granulomatöse Pneumonie.

Die Einteilung der Pneumonien ist aufgrund der verwaschenen Grenzen zwischen den einzelnen Formen nicht befriedigend und nicht allgemein akzeptiert (SCHULZ, 1991). Es bestehen darüber hinaus weitere Einteilungen nach Ätiologie, Symptomen oder Epidemiologie.

2.2.2. Ätiologie und Pathogenese von Bronchopneumonien beim Kalb

2.2.2.1. Ätiologie

Die enzootische Bronchopneumonie stellt eine klassische Faktorenkrankheit dar, zu deren Entstehung es belebter und unbelebter Faktoren bedarf. Zu den unbelebten Faktoren gehören Stress, hervorgerufen durch Umstallung, Umgruppierung, Transport oder Futterwechsel, sowie schlechtes Stallklima. Das Stallklima wird negativ beeinflusst durch zu wenig Luftraum, zu hohe Luftfeuchtigkeit, Zugluft, hohen Schadgasgehalt und falsche Stalltemperaturen. Diese Faktoren schwächen die Körperabwehr. Dazu kommen Immunsuppression und Mangelernährung. Als belebte Faktoren spielen zunächst Primärerreger eine Rolle. Dazu gehören Viren, Mykoplasmen und Bakterien wie *Mannheimia haemolytica*. Durch diese Faktoren kommt es zur Vorschädigung im Bereich des Atemapparates. Darauf folgt im Verlauf der enzootischen Bronchopneumonie eine sekundäre bakterielle Infektion (RADEMACHER, 2000).

Als virale Komponente kommen vor allem Parainfluenza-3-Viren und BRS-Viren in Betracht. Das BRS-Virus nimmt eine Sonderstellung ein; es kann wie die anderen Viren als Primärerreger Wegbereiter einer Kälbergrippe mit bakterieller Sekundärinfektion sein, es kann aber auch bei schwerem Verlauf zu einem eigenständigen Krankheitsbild führen (RADEMACHER, 2000). Adeno-, Rheo- und Rhinoviren beteiligen sich an Mischinfektionen. Dem BVD-Virus kommt im Zusammenhang mit Pneumonie eine besondere Bedeutung als immunsupprimierender Faktor zu. Es ist selbst nicht oder nur schwach respiropathogen. Aufgrund seiner die zellgebundene Abwehr beeinträchtigenden Wirkung gehört es zu den Faktoren, welche das Zustandekommen und den Verlauf der enzootischen Bron-

chopneumonie beeinflussen können (STÖBER, 2002). Mykoplasmen spielen oft eine primär auslösende Rolle in diesem Krankheitsgeschehen. Von den Mykoplasmen kommt in Mitteleuropa *Mycoplasma bovis* die grösste Bedeutung als Pneumonieerreger zu (BINDER et al., 1990). Bakterien führen zu einer Sekundärinfektion des vorgeschädigten Gewebes. Bei den meisten Bakterien handelt es sich um fakultativ pathogene Saprophyten der oberen Atemwege. *Arcanobacterium pyogenes* ist ein typischer Eitererreger, der in Eiterherden zu finden ist. *Pasteurella multocida* und *Mannheimia haemolytica* sind die wichtigsten Erreger im Komplex der Rindergrippe. *Mannheimia haemolytica* ist als primär pneumopathogen anzusehen (HOUGHTON und GOURLAY, 1983).

2.2.2.2. Pathogenese

Parainfluenza-3-Viren befallen hauptsächlich die Flimmerepithelzellen in Trachea, Bronchien und Bronchiolen. Sie können aber auch eine Alveolitis mit milden klinischen Symptomen verursachen. Die Zellen werden nekrotisch, und es entsteht ein serofibrinöses Exsudat in den Luftwegen. BRS-Viren befallen Epithelzellen der Luftwege und Alveolarzellen. Es fehlt der Nachweis, dass Adeno-, Rhino- und Reoviren eigenständig Lungenveränderungen hervorrufen (KIORPES et al., 1988). Virusinfektionen schädigen durch Zerstörung der Epithelien im Nasen-Rachen-Raum, in Trachea, im Bronchialbaum und in den Alveolen sowie durch eine interstitielle Pneumonie mit Ödem und Pneumozytenproliferation das mukoziliäre Selbstreinigungs- und Abwehrsystem. Dabei werden sowohl die Schleimsekretionsvorgänge als auch die Schleimqualität verändert und die bakterielle Adhäsion und damit die Kolonisierung des unteren Respirationstraktes begünstigt. Gleichzeitig hemmen die meisten der genannten Virusinfektionen die Makrophagenfunktion, verursachen eine Leukopenie und beeinträchtigen somit die Funktion von Neutrophilen und Lymphozyten. Durch diese virusinduzierte Schädigung der Abwehrmechanismen wird den bakteriellen Erregern der Weg bereitet. Bakterielle Toxine, Enzyme und Stoffwechselprodukte induzieren immuno-

logisch gesteuerte Prozesse, welche die Mikrozirkulation stören, die Zellproliferation stimulieren und eine Thrombusbildung sowie exsudative Entzündungen mit Nekrosen und Sequestrierung verursachen (SCHULZ, 1991). Das klinische Bild und die teilweise schweren Schädigungen des Respirationsapparates werden von den bakteriellen Sekundärerregern bestimmt.

2.3. Methoden zur Untersuchung der Lunge

2.3.1. Klinische Untersuchung

Grundlage jeder Untersuchung ist die klinische Untersuchung. Dazu gehören speziell die Adspektion der Atemtätigkeit, die Schall- und Schmerzperkussion und die Auskultation des Lungenfeldes vor und nach Atemhemmung sowie die Klassifizierung der Atem- bzw. Lungengeräusche.

Das einfachste und wichtigste Mittel zur Beurteilung der unteren Atemwege ist die klinische Untersuchung. Die Auskultation des Lungenfeldes kann Aufschluss über den Zustand der Lunge geben. KOTLIKOFF und GILLESPIE (1983, 1984) beschrieben die Lungengeräusche und deren Interpretation. Die Beschaffenheit des Lungengewebes beeinflusst dessen Schallleitfähigkeit. So führt die Verdichtung des Gewebes durch eine erhöhte Leitfähigkeit, obwohl die Ventilation in diesem Bezirk reduziert ist, zu einer Verstärkung der Lungengeräusche. Leisere Lungengeräusche werden bei einem erhöhten Luftgehalt, also beim Emphysem festgestellt. Ein Fehlen von Lungengeräuschen spricht für einen Pneumothorax oder einen Thoraxerguss, wo es zu einer totalen Reflexion der Schallwellen kommt.

Feuchtes Rasseln, auch als Knattern oder crackles bezeichnet, entsteht durch einen plötzlichen Druckausgleich in Lungenbezirken, die aufgrund einer Obstruktion oder Restriktion von der Ventilation ausgeschlossen sind (KOTLIKOFF und GILLESPIE, 1983; STÖBER, 1990). Spätinspiratorisches Knattern entsteht bei restriktiven Lungenerkrankungen wie Ödem oder interstitieller Pneumonie. Früh-

inspiratorisches Knattern entsteht bei Obstruktion der Luftwege durch Sekrete wie bei der Bronchopneumonie (STÖBER, 1990).

Giemen, auch als Pfeifen oder wheezes bezeichnet, entsteht bei krankhafter Verengung der Luftwege, was zu einer Beschleunigung des Luftstroms und dadurch stärkerer Schwingung der Wand führt. Inspiratorisches Pfeifen spricht für eine extrathorakale Obstruktion und expiratorisches Pfeifen für eine intrathorakale Obstruktion der Luftwege (KOTLIKOFF und GILLESPIE, 1983; KOTLIKOFF und GILLESPIE, 1984; STÖBER, 1990).

2.3.2. Weiterführende Untersuchungen der Lunge

Als weitere diagnostische, nichtinvasive Methoden dienen Röntgen, Ultraschall und Lungenfunktionsprüfungen. Dazu gehören auch die endoskopische Untersuchung der Trachea mit Entnahme von Tracheobronchialsekret sowie die Durchführung einer bronchoalveolären Lavage.

Die Lungengewebsbiopsie, die Punktion der Brusthöhle und die transtracheale Tracheobronchialsekretentnahme gehören zu den invasiven Methoden der Lungendiagnostik.

2.3.3. Ultraschalluntersuchung der Lunge

Die normal belüftete Lunge entzieht sich aufgrund der totalen Reflexion der Ultraschallwellen einer sonographischen Untersuchung (KAEMMERER et al., 1986; KROEGEL und REISSIG, 2000). Pulmonale Prozesse, die lokal die Luft verdrängen, machen das Lungengewebe einer Ultraschalluntersuchung zugänglich. Dazu gehören ausreichend grosse Prozesse, die unmittelbar an die Thoraxwand grenzen oder in Kontakt mit dem Zwerchfell stehen und somit direkt darstellbar sind. Indirekt, mittels Schallfenster, lässt sich Lungengewebe entweder durch eine Atelektase oder einen Pleuraerguss darstellen (KROEGEL und REISSIG, 2000). Die Ultraschalluntersuchung ist bei krankhaften Veränderungen, die von einem Medium umgeben sind, welches den Schall gut weiterleitet, besonders ergiebig

(KAEMMERER et al., 1986). Eine weitere Einschränkung der sonographischen Untersuchung der Lunge ist durch die Rippen gegeben, welche die Ultraschallwellen ebenfalls nahezu vollständig reflektieren.

2.3.3.1. Mensch

In der Humanmedizin wird die transthorakale Sonographie im Allgemeinen für die Differenzierung von Pneumonien, die Tumordiagnostik und die Darstellung von Pleuraerkrankungen, Ergüssen und Zwerchfellerkrankungen eingesetzt. Eine besondere Bedeutung hat die Sonographie bei immobilen Patienten in der Intensiv- und Notfallmedizin. Die Indikationen für die transthorakale Sonographie können grosszügiger gestellt werden, weil die Strahlenexposition für den Patienten gering ist. Dies ist auch ein Vorteil bei Verlaufskontrollen. Die Sonographie wird zur Festlegung von Punktions- und Drainageorten von Abszessen und Ergüssen genutzt (YANG et al., 1991). In der Tumordiagnostik wird die Sonographie vor allem für die Beurteilung der malignen Infiltrationen von Pleura und Thoraxwand eingesetzt. Die Sonographie ist in der Humanmedizin die Methode der Wahl für die Diagnostik und Verlaufskontrolle von Pleuraergüssen. Zur Abschätzung der Ergussmenge wird die sonographische Volumetrie eingesetzt. Bei Lungenembolien, vor allem bei peripheren Embolien, ergänzt die transthorakale Sonographie die Diagnostik (KROEGEL und REISSIG, 2000). Weiter kann die transösophageale Mediastinalsonographie zur Beurteilung des Mediastinums und dessen Organen eingesetzt werden (ZIMMER et al., 1997). Zur Tumordiagnostik und zur Beurteilung der Operabilität kann eine endobronchiale Sonographie durchgeführt werden (KROEGEL und REISSIG, 2000).

2.3.3.2. Tier

Der Schwerpunkt bei der Sonographie des Thorax in der Kleintiermedizin liegt bei der Diagnostik von kardialen und perikardialen Erkrankungen. Wenn sich ein Schallfenster ergibt, erlaubt die Sonographie ebenfalls Aufschluss über den Zu-

stand von Thoraxwand, Pleura, Mediastinum, Zwerchfell und Lungengewebe (KROEGEL und REISSIG, 2000; REICHLE und WISNER, 2000). REICHLE und WIESNER (2000) beschrieben die Differenzierung von Pleuraergüssen, sowie die sonographische Diagnostik von radiologisch festgestellten thorakalen Massen und deren ultraschallgestützte Feinnadelaspiration. Weiterhin kann eine Zwerchfellshernie beim Kleintier mittels Sonographie festgestellt werden (STOWATER und LAMB, 1989; REICHLE und WISNER, 2000). Ferner können beim Hund sonographisch Torsionen der Lungenlappen diagnostiziert werden (TIDWELL, 1998). Beim Pferd wurden die sonographischen Normalbefunde am Thorax von RANTANEN beschrieben (RANTANEN, 1981; RANTANEN, 1998). Es liegen bei dieser Tierart auch Beschreibungen des sonographischen Aussehens von Atelektasen, Pleuraergüssen, Abszessen und Pneumothorax vor (RANTANEN et al., 1981; RANTANEN, 1986; REIMER, 1990; RANTANEN, 1994; RANTANEN, 1998). Auch thorakale Flüssigkeiten können beim Pferd sonographisch differenziert werden (RANTANEN et al., 1981; RANTANEN, 1994). REEF et al. (1991) verglichen die Röntgendiagnostik und die Ultraschall-diagnostik bei der Beurteilung von Erkrankungen im Thorax bei Pferden und Rindern und beschrieben die Vor- und Nachteile dieser Untersuchungstechniken bei unterschiedlichen Erkrankungen. SICHER (1995) untersuchte die normalen Lungengrenzen und das normale sonographische Erscheinungsbild von Lunge und Pleura und den angrenzenden Organen beim adulten Rind. Zusätzlich beschrieb er die transoesophagealen Ultraschallbefunde am Mediastinum des gesunden Rindes (SICHER, 1995).

Beim Schaf wurden Technik, Normalbefunde und krankhafte Befunde der Thoraxsonographie beschrieben (SCOTT und GESSERT, 1998), und es wurden Pleuritiden und pulmonale Abszesse mittels Sonographie diagnostiziert (BRAUN et al., 1995; SCOTT, 2000). PUSTERLA et al. (1995) diagnostizierten eine Lungenadenomatose bei einem Schaf durch Lungenbiopsie unter Ultraschallkontrolle.

2.3.3.3. Indikationen

Zu den Indikationen für die transthorakale Sonographie gehören Verdachtsdiagnosen, die aus der klinischen Untersuchung hervorgehen, sowie bekannte oder abklärungsbedürftige radiologische Veränderungen, mit dem Ziel, diese sonographisch detailliert zu beschreiben. Zu den Indikationen gehören ebenso Verlaufskontrollen sonographisch darstellbarer pathologischer Prozesse (KROEGEL und REISSIG, 2000) sowie ultraschallgezielte Punktionen von Ergüssen und Biopsieentnahmen von Lungengewebe (BRAUN, 1997). Bei radiologisch festgestellten Flüssigkeitsansammlungen kann die Flüssigkeit anhand der Echogenität und gezielter Punktion charakterisiert werden. PUSTERLA et al. (1996) diagnostizierten mit dieser Technik einen Chylothorax bei einem Kalb.

Punktionsbedingte Komplikationen wie Pneumothorax, Blutungen oder Pleuraempyem lassen sich mittels Ultraschall vermeiden bzw. schnell erkennen (KROEGEL und REISSIG, 2000).

2.3.3.4. Schallphänomene

Bei der Ultraschalluntersuchung treten nichtartefizielle Schallphänomene auf, die weitgehend den tatsächlichen Veränderungen entsprechen, sowie artefizielle Schallphänomene, sogenannte Artefakte. Als Artefakte werden Pseudoabbildungen nicht existierender Strukturen oder eine unvollständige oder topographisch verfälschte Darstellung definierter Gewebe bezeichnet (KROEGEL und REISSIG, 2000).

2.3.3.5. Sonographische Normalbefunde am Thorax

Zu den nichtartefiziellen Schallphänomenen gehört besonders das Vorhangphänomen. Dabei schiebt sich das echoreiche Pleurareflexband inspiratorisch über die Leber bzw. über die Milz. Dies ist ein Hinweis für die Verschieblichkeit der Pleurablätter (KROEGEL und REISSIG, 2000). SICHER (1995) beschrieb die sonographischen Normalbefunde beim adulten Rind. Hauptbefund bei normal belüf-

teter Lunge sind die Reverberationsartefakte, die durch die totale Reflexion der Ultraschallwellen an der Lungenoberfläche entstehen. Die Echos werden an der Sondenoberfläche ebenfalls reflektiert und nochmals in den Körper gesandt, wo sie erneut reflektiert werden (BRAUN, 1997). So entstehen helle, horizontal und parallel verlaufende Linien, die schallkopffern immer schwächer werden. Die Pleura visceralis und die Pleura parietalis können normalerweise nicht unterschieden werden, weil der dazwischenliegende Pleuralspalt nicht darstellbar ist.

2.3.3.6. Sonographische Befunde bei Bronchopneumonie

Zu den nichtartefiziellen Schallphänomenen gehören Konsolidierungen, Luftreflexe, Luftbronchogramme und Flüssigkeitsbronchogramme (KROEGEL und REISSIG, 2000). Konsolidierungen sind ein Zeichen für einen krankhaften Prozess in der Lunge und treten in der Regel gemeinsam mit klinischen Symptomen einer Lungenerkrankung auf. Konsolidierungen müssen von Kompressionsatelektasen im Zusammenhang mit Pleuraergüssen abgegrenzt werden. Bei geringen Konsolidierungen an der Lungenoberfläche beginnen die Reverberationsartefakte unterhalb der Pleuraoberfläche. Mittelmässige Konsolidierungen fallen durch hypoechogene Bezirke ohne Reverberationslinien auf. Hier ist Lungengewebe darstellbar. Sie reichen wenige Zentimeter in das Parenchym. Grosse Konsolidierungen erlauben ein tiefes Eindringen in das Lungenparenchym und können Bronchogramme oder Lufteinschlüsse beinhalten (RANTANEN, 1998).

Luftreflexe stellen sich als linsen- oder strichförmige echogene Reflexe in einem echoarmen Areal dar, welche durch Lufteinschlüsse in Gewebe oder Pleuraflüssigkeit bei Pneumonie oder Pleuraerguss hervorgerufen werden (ACUNAS et al., 1989; KROEGEL und REISSIG, 2000). Luftbronchogramme sind echogene radiär sich aufzweigende Linien innerhalb eines echoarmen Areals, verursacht durch luftgefüllte Bronchien bzw. Bronchioli in konsolidierten Lungenbezirken bei Bronchopneumonie (WEINBERG et al., 1986). Flüssigkeitsbronchogramme sind echoarme, verzweigte Linien innerhalb eines echoarmen Areals, die dopplerso-

nographisch von Gefäßen differenziert werden können (YANG et al., 1992). Sie entstehen durch sekretgefüllte Bronchioli bei Bronchopneumonie und Lungenödem.

Zu den artefiziellen Schallphänomenen gehören Kometenschweifartefakte, Schallverstärkung und Schichtdickenartefakte. Kometenschweifartefakte sind gestaffelte Reflexe gleichen Abstands distal eines starken Reflektors. Sie sind an der Lunge des Rindes häufig beim alveolären Lungenemphysem bei geblähten Alveolen an der Lungenoberfläche zu sehen. Kometenschweifartefakte können ebenfalls durch kleine Abszesse mit Gaseinschlüssen ausgelöst werden (BRAUN, 1997). Diese wurden auch im Zusammenhang mit einem Lungenödem beschrieben (LICHTENSTEIN und AXLER, 1993). Schallverstärkungen entstehen relativ zum benachbarten Gewebe an der schallkopffernen Begrenzung eines anechogenen Prozesses, wie z. B. eines Abszesses oder eines Pleuraergusses. Ein Pleuraerguss kann einen Schichtdickenartefakt auslösen. Der Artefakt entsteht, wenn Schallwellen schräg auf ein Gebiet abrupt wechselnder Dichte treffen. Bei einem Pleuraerguss kann die Pleura visceralis sehr breit und echogen erscheinen (BRAUN, 1997).

Ein Pneumothorax lässt sich sonographisch diagnostizieren. Freie Luft ruft Reverberationsartefakte wie bei normal belüfteter Lunge hervor, aber es kann keine Atemverschieblichkeit der Lungenoberfläche beobachtet werden (RANTANEN, 1986; TARGHETTA et al., 1993; RANTANEN, 1998).

2.3.3.7. Vergleich von Ultraschall und Röntgen

Die Sonographie wird in der Lungendiagnostik ergänzend zur Radiologie eingesetzt. Röntgen und Ultraschall können sich nicht ersetzen. Die Radiologie eignet sich, um tiefer liegende Prozesse darzustellen und das Muster der Lunge zu beurteilen. Die Sonographie eignet sich, um die Pleura und oberflächlich liegende Prozesse darzustellen (REEF et al., 1991). Die Sonographie ist sensitiver in der

Diagnostik von geringgradigen Pleuraergüssen und Konsolidierungen als die Radiologie (KELBEL et al., 1991; REEF et al., 1991; EIBENBERGER et al., 1994). Die Sonographie eignet sich besser als die Radiologie, solide Massen von flüssigkeitsgefüllten Räumen zu unterscheiden. Weiterhin ist es mittels Sonographie einfacher, geringgradige Pleuraergüsse von Konsolidierungen im ventralen Thoraxbereich zu differenzieren, beide stellen sich im Röntgen als homogene, weichteildichte Massen dar (REEF et al., 1991). Ultraschall eignet sich besser, um morphologische Details von Konsolidierungen zu erkennen (YANG et al., 1992).

Pleuraergüsse stellen sich mit unterschiedlicher Echogenität dar. Ein zellarmer Erguss erscheint anechogen und ein Erguss mit zunehmendem Zell- und Fibrin-gehalt wird echoreicher (BRAUN, 1997). Es können weiterhin Fibrinfäden bis hin zur Septenbildung dargestellt werden (BRAUN et al., 1997). Eine Thoraxpunktion kann mit Ultraschallkontrolle sehr gezielt vorgenommen werden, und es kann vermieden werden, dass Konsolidierungen oder Fibrinmassen erfolglos punktiert werden. Die Sonographie ermöglicht weiterhin die Darstellung bewegter Bilder. Darüber hinaus können Verklebungen besser diagnostiziert werden (REEF et al., 1991).

Der Einsatz des Farbdopplers erlaubt die Beurteilung der Vaskularisation. Bei der interstitiellen Pneumonie eignet sich die Sonographie weniger, weil dort die ganze Lunge beurteilt werden muss (KROEGEL und REISSIG, 2000).

Durch die Ergänzung der Röntgentechnik mit der Sonographie wird als dritte Dimension die Tiefe in die bildgebende Diagnostik eingebracht. Somit ist es möglich, die Lage der Veränderungen genauer zu lokalisieren. Pleurale und pulmonale Prozesse können differenziert werden (STADLER, 1990).

2.3.4. Lungenbiopsie

BRAUN et al. (2000) untersuchten die ultraschallgeleitete Lungenbiopsieentnahme bei Rind und Schaf. Sie stellten fest, dass die Lungenbiopsie von Rindern und Schafen gut vertragen wird und dass sich die entnommenen Biopsieproben für die

histologische Untersuchung eignen. Die transthorakale Lungenbiopsie eignet sich zur Gewinnung von zytologisch, histologisch und mikrobiologisch auswertbarem Material und erweitert damit die diagnostischen Möglichkeiten im Zusammenhang mit der Ultraschalluntersuchung (BRAUN et al., 1999; BRAUN et al., 2000).

3. MATERIAL UND METHODIK

3.1. Tiergruppen

Die Untersuchungen wurden an 33 Kälbern mit hochgradiger Bronchopneumonie (Gruppe A) und an 7 gesunden Kälbern (Gruppe B) zwischen dem ersten und dritten Lebensmonat nach einem einheitlichen Untersuchungsschema durchgeführt. Die Tiere der Gruppe A waren als Patienten zur Untersuchung an die Klinik eingeliefert worden. Bei den Tieren der Gruppe B handelte es sich um Schlachtkälber. Alle Tiere wurden klinisch und sonographisch untersucht, und es wurden Blutproben für die chemische und die hämatologische Untersuchung sowie für eine venöse Blutgasanalyse entnommen.

3.1.1. Tiergruppe A: 33 Kälber mit Bronchopneumonie

Die Tiergruppe A bestand aus 33 Kälbern im Alter von 1 bis 36 Wochen ($\bar{x} \pm s = 10.5 \pm 8.5$ Wochen). 22 Kälber gehörten der Schweizer Braunvieh-, 8 der Schweizer Fleckvieh-, 2 der Jersey- und eines der Schwarzfleckviehrasse an. Das Körpergewicht lag zwischen 30 und 311 kg (82.6 ± 55.3 kg). Es handelte sich sowohl um Schlacht- als auch um Aufzuchtkälber. Alle Kälber zeigten klinische Symptome einer Bronchopneumonie. Die Kälber wurden unmittelbar im Anschluss an die Untersuchungen euthanasiert. Dazu wurden sie mit 0.1 mg/kg Xylazin (Rompun[®] 2%, Bayer, Provet AG, Lyssach, Schweiz) sediert und mit 6 ml/50 kg eines Medikamentes, das Embutramid, Menezonium und Tetrakain enthielt (T61[®], Veterinaria AG, Schweiz) euthanasiert. Die Tierkörper, insbesondere die Lungen, wurden pathologisch-anatomisch untersucht.

3.1.2. Tiergruppe B: 7 klinisch gesunde Kälber

Die Tiergruppe B bestand aus 7 Schlachtkälbern im Alter von 9 bis 16 Wochen (12.1 ± 2.7 Wochen). 4 Kälber gehörten der Schweizer Fleckvieh- und 3 der Schweizer Braunviehrasse an. Das Körpergewicht lag zwischen 60 und 103 kg

(89.6 ± 15.0 kg). Alle Kälber zeigten keine klinischen Symptome einer Bronchopneumonie. Die Kälber wurden nach der Untersuchung innerhalb von 24 Stunden im Schlachtlokal des Tierspitals der Universität Zürich geschlachtet, und die inneren Organe, insbesondere die Lungen, wurden pathologisch-anatomisch untersucht.

3.2. Klinische Untersuchung

Alle Tiere wurden unmittelbar nach Eintreffen am Tierspital der Universität Zürich nach den von ROSENBERGER (1990) beschriebenen Methoden klinisch untersucht. Der Untersuchungsgang erfolgte nach einem Protokollblatt, welches zugleich der Befunddokumentation diene. Der Allgemeinzustand der Kälber wurde anhand des Verhaltens und des Schweregrades der Dyspnoe beurteilt. Kälber mit gutem Allgemeinzustand waren munter, aufmerksam und zeigten keine Dyspnoe. Der Allgemeinzustand war leichtgradig gestört, wenn die Kälber eine reduzierte Aufmerksamkeit aufwiesen und Ruhedyspnoe zeigten. Kälber mit mittelgradig gestörtem Allgemeinzustand waren apathisch, fielen auf durch Maulatmung und lagen fest; sie versuchten mit Hilfe aber noch aufzustehen. Kälber mit hochgradig gestörtem Allgemeinzustand lagen fest und zeigten permanente Maulatmung.

3.3. Hämatologische und blutchemische Untersuchungen

Im Anschluss an die klinische Untersuchung erfolgte bei allen Tieren eine Blutprobenentnahme. Für die hämatologische Untersuchung wurde EDTA-Blut (EDTA-Röhrchen, KE, 5 ml, Sarstedt, Sevelen, Schweiz), für die blutchemische Untersuchung heparinisiertes Serum verwendet (Li Heparin Röhrchen, 10 ml, Sarstedt, Sevelen, Schweiz). Die hämatologischen und blutchemischen Untersuchungen wurden im Veterinärmedizinischen Labor der Universität Zürich nach den zur Zeit gültigen Richtlinien durchgeführt.

3.4. Methodik der transthorakalen Ultraschalluntersuchung

3.4.1. Ultraschallgerät und Videorecorder

Zur Untersuchung wurde ein Realtime-Scanner (Hitachi, EUB-525) mit einer 7.5 MHz Linearsonde (Hitachi, EUP-033J) verwendet. Die Sonde wurde zur Untersuchung mit Kontaktgel beschichtet. Das Ultraschallgerät wurde mit einem Videorecorder (Panasonic DVC Pro digital) verbunden, und sämtliche Untersuchungen wurden auf Video aufgezeichnet.

3.4.2. Vorbereitung der Tiere

Die sonographische Untersuchung des Thorax wurde am stehenden, nicht sedierten Tier durchgeführt. Die Brustwand wurde bei allen Kälbern auf beiden Seiten geschoren und mit einer Enthaarungscrème (Depilatorium, Veterinaria AG, 8021 Zürich) enthaart. Das enthaarte Feld reichte vom Rippenbogen bis zum kaudalen Rand der Vordergliedmasse und von den Wirbelquerfortsätzen bis zur ventralen Medianlinie.

3.4.3. Untersuchungsgang

Die Lunge wurde auf beiden Seiten im enthaarten Bereich untersucht. Jeder Zwischenrippenraum wurde von dorsal nach ventral mit parallel zu den Rippen gehaltener Sonde untersucht. In jedem Interkostalraum wurden Pleura und Lunge beurteilt, die Ausdehnung der Lunge gemessen und darstellbare Veränderungen befundet sowie vermessen. Zusätzlich wurden die an die Lunge angrenzenden Organe beurteilt.

3.4.3.1. Pleura und Lunge

Als erstes wurde die Darstellbarkeit von Pleura und Lunge beurteilt. Dann wurde darauf geachtet, ob sich die Lunge bewegte und ob sich Flüssigkeit im Pleuraspalt befand. Um Aufschluss über die Grösse und Ausdehnung der Lunge zu erhalten, wurden die obere und untere Lungengrenze sowie die Ausdehnung der Lunge be-

stimmt. Die Messungen wurden in jedem Interkostalraum mittels eines Zentimetermassbandes bei maximaler Inspiration gemessen. Die dorsale Lungengrenze wurde durch Messung der Distanz zwischen Mittellinie des Rückens und dorsaler Grenze der darstellbaren Lunge ermittelt. Die ventrale Lungengrenze wurde durch Messung der Distanz zwischen Mittellinie des Rückens und ventraler Grenze der darstellbaren Lunge bestimmt. Durch Subtraktion des dorsalen Wertes vom ventralen wurde die Lungenausdehnung errechnet.

3.4.3.2. Befunderhebung

Die Befunde für jeden einzelnen Interkostalraum wurden mittels Videoaufzeichnung und eines speziell erstellten Befundbogens zur weiteren Auswertung dokumentiert. In jedem Interkostalraum wurden die Art der Befunde und deren Ausdehnung festgehalten und anhand dessen wurde der prozentuale Anteil veränderter Bezirke an der gesamten Ausdehnung der Lunge ermittelt. Als mögliche Befunde wurden Luftreflexe, Luftbronchogramme, Flüssigkeitsbronchogramme, Kometenschweifartefakte, Pleuraergüsse, Spangen, Konsolidierungen, Bronchiektasien bzw. Abszesse und fehlende Verschieblichkeit der Pleura festgelegt.

3.5. Lungenbiopsie

Bei 10 bronchopneumoniekranken Kälbern wurde zusätzlich nach der von ESTERMANN (1998) beschriebenen Technik eine Lungenbiopsie entnommen. Die Entnahme erfolgte an einer Stelle, an der die Lunge aufgrund der sonographischen Untersuchung als stark verändert beurteilt wurde. Alle Biopsieproben wurden am zur Euthanasie tief sedierten Tier entnommen. Die Entfernung der Biopsiestelle zur Mittellinie des Rückens wurde mit dem Zentimetermass gemessen. Als Biopsiegerät wurde das Bard[®]-Magnum-Biopsie-Gerät (Bard[®] Magnum Core High Speed, Bard Medica S. A., Oberrieden, Schweiz) mit Bard[®]-Magnum-Biopsienadeln (Bard Triguide Coaxial, 14 g x 16 cm, Bard Medica S. A., Oberrieden, Schweiz) verwendet. Die Biopsieproben wurden unmittelbar nach der Ent-

nahme in ein Probenröhrchen mit 10%iger Formalinlösung verbracht und anschliessend am Institut für Veterinärpathologie der Universität Zürich histologisch untersucht. Für jede Biopsie wurde eine histologische Diagnose gestellt.

3.6. Pathologisch-anatomische Untersuchung

Die Kälber wurden maximal 24 Stunden nach der Euthanasie pathologisch-anatomisch untersucht. Die Untersuchungen wurden von einem Pathologen durchgeführt, der die Ultraschallbefunde zu diesem Zeitpunkt noch nicht kannte.

3.6.1. Pathologisch-anatomische Untersuchung

Es wurden sämtliche inneren Organe und speziell der Thorax nach der üblichen Methode des Instituts für Veterinärpathologie der Universität Zürich untersucht. Pleura visceralis und parietalis wurden auf eventuelle fibrinöse oder fibröse Veränderungen sowie ihre Schichtdicke untersucht. Veränderte Bezirke des Lungenparenchyms wurden bezüglich Charakter, Ausdehnung und Lokalisation für jeden Lungenlappen mittels Protokoll und digitaler Photographie dokumentiert. Die Lungen wurden mit der dorsalen Fläche nach oben gelagert und genau senkrecht photographiert. Mit einem Raster, welches über die Photographien gelegt wurde, wurde der prozentuelle Anteil der Veränderungen an jedem Lungenlappen ermittelt.

3.6.2. Histologische Untersuchung

Von jedem Lungenlappen wurde eine Gewebeprobe für die histologische Untersuchung entnommen. Für jede Probe wurde eine Diagnose gestellt.

3.7. Bakteriologische Untersuchung

Bei jedem Kalb wurde eine bakteriologische Untersuchung der Lunge durchgeführt. Untersucht wurden das Lungenparenchym eines Spitzenlappens sowie allfällig pathologisch-anatomisch veränderte Lungenbereiche.

3.8. Statistik

Die Aufarbeitung der Daten und die statistische Auswertung erfolgten mit Hilfe des Programms StatView 5.0 (SAS Institut, 8602 Wangen, Schweiz). Die Ergebnisse wurden als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben.

Zum Vergleich der sonographisch feststellbaren Lungenkonsolidierungen mit der pathologisch-anatomischen Ausdehnung von Konsolidierungen wurden Gruppen mit unterschiedlichen Konsolidierungsgraden gebildet. Hierbei wurden die Zwerchfellappen berücksichtigt. Anhand der Ausdehnung der Konsolidierungen an den Sektionslungen wurden 4 Gruppen definiert. Bei der Gruppe 1 lagen keine Veränderungen an den Zwerchfellappen vor (0 % verändert), bei der Gruppe 2 waren bis 20 %, bei der Gruppe 3 20-30 % und bei der Gruppe 4 30-50 % der Zwerchfellappen verändert. Es wurden die Interkostalräume 6, 7 und 8 auf signifikante Unterschiede, bezogen auf die sonographisch gemessene Ausdehnung von Veränderungen, zwischen den jeweiligen Gruppen überprüft. Die Signifikanzen wurden mittels Bonferroni-Test überprüft.

3.9. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich

Am Zustandekommen der vorliegenden Arbeit waren die folgenden Institute und Abteilungen der Veterinärmedizinischen Fakultät beteiligt:

- Institut für Veterinärbakteriologie (Dr. L. Corboz): Bakteriologische Untersuchungen
- Institut für Veterinärpathologie (Dr. T. Sydler): Pathologisch-anatomische Untersuchungen, inklusive Beurteilung der Biopsien
- Veterinärmedizinisches Labor (Prof. Dr. H. Lutz): Hämatologische und blutchemische Untersuchungen.

4. ERGEBNISSE

4.1. Klinische Untersuchung

4.1.1. Klinische Befunde: Tiergruppe A

Das Allgemeinbefinden war bei 13 Tieren ungestört, bei 11 Tieren leichtgradig gestört, bei 8 Tieren mittelgradig gestört und bei einem Tier hochgradig gestört. Die rektale Temperatur lag zwischen 37.8 und 41.3 °C (39.3 ± 0.7 °C). Bei 26 Kälbern lag sie im Normalbereich zwischen 38.5 und 39.5 °C, bei 4 Kälbern war die rektale Temperatur erhöht und bei 3 Kälbern erniedrigt.

Die Herzfrequenz lag zwischen 56 und 160 Schlägen pro Minute (108.5 ± 26.4 Schläge pro Minute). Die Schleimhäute waren bei 10 Kälbern blass, bei 12 Kälbern blassrosa, bei 2 Kälbern rosa und bei 9 Kälbern zyanotisch. Die mittlere kapilläre Füllungszeit lag bei 2.3 ± 0.5 Sekunden. Bei 25 Kälbern waren die Skleren injiziert.

Die Atemfrequenz lag zwischen 10 und 160 Atemzügen pro Minute (54.3 ± 33.9 Atemzüge pro Minute). 15 Kälber hatten eine Atemfrequenz über dem Referenzbereich von 30 bis 45 Atemzügen pro Minute. 28 Kälber zeigten Dyspnoe, davon 9 eine gemischte, 4 eine inspiratorische und 15 eine expiratorische. Bei 16 Kälbern war die Dyspnoe bereits in Ruhe vorhanden und bei 12 trat sie erst auf, wenn die Kälber am Halfter geführt wurden. Der Atemtyp war in 20 Fällen abdominal und in 13 Fällen kostoabdominal. Die Auskultation der Lunge ergab auf der rechten Thoraxseite in 32 Fällen und auf der linken Thoraxseite in 33 Fällen pathologische Lungengeräusche. Auf der rechten Thoraxseite konnte 30-mal ein rauhes Vesikuläratmen, 7-mal Giemen, 4-mal Rasseln und 5-mal Reiben auskultiert werden. In 5 Fällen waren keine Atemgeräusche hörbar. Auf der linken Thoraxseite konnte 30-mal ein rauhes Vesikuläratmen, 6-mal Giemen, 5-mal Rasseln und 5-mal Reiben auskultiert werden. In 2 Fällen waren keine Atemgeräusche hörbar. Bei 17 Kälbern ohne oder mit nur leichtgradiger Dyspnoe wurde eine Atemhemmung durchgeführt. In allen Fällen verstärkten sich die Befunde, und es konnte in

7 Fällen Husten ausgelöst werden. In 16 Fällen wurde aufgrund des Allgemeinzustandes und der Dyspnoe auf eine Atemhemmung verzichtet. Spontanen Husten zeigten 27 Kälber, davon 12 trockenen und 15 feuchten Husten. Bei 24 Kälbern bestand auf beiden Seiten Nasenausfluss, der bei 7 Kälbern von seröser, bei 5 von seromuköser, bei 11 von muköser und bei einem Kalb von purulenter Beschaffenheit war. Als weiteren Befund wiesen 4 Kälber Durchfall auf. Der Nabel und die Gelenke waren bei allen Kälbern unauffällig.

4.1.2. Klinische Befunde: Tiergruppe B

Das Allgemeinbefinden war bei allen Kälbern ungestört. Die rektale Temperatur lag zwischen 38.7 und 39.6 °C (39.3 ± 0.3 °C). Bei 2 Kälbern lag die rektale Temperatur mit 39.6 °C leicht über dem Normalwert. Die Herzfrequenz lag zwischen 80 und 132 Schlägen pro Minute (105 ± 22.7 Schläge pro Minute). Die Schleimhäute waren bei einem Kalb blass und bei 6 Kälbern blassrosa. Die mittlere kapilläre Füllungszeit lag bei 2.0 Sekunden. Die Skleren waren bei allen Kälbern unauffällig.

Die Atemfrequenz lag zwischen 28 und 36 Atemzügen pro Minute (30.9 ± 3.0 Atemzüge pro Minute). Keines der Kälber zeigte Dyspnoe. Der Atemtyp und die Auskultation waren bei allen Kälbern unauffällig. Nach der Atemhemmung konnte bei 4 Kälbern ein verstärktes Vesikuläratmen auskultiert werden. Ein Kalb zeigte während der Untersuchung einmal spontanen trockenen Husten. Vier Kälber wiesen serösen Nasenausfluss auf. Die Untersuchung von Verdauungsapparat, Nabel und Gelenken war bei allen Kälbern unauffällig.

4.2. Hämatologische und blutchemische Untersuchungen

Der Hämatokrit lag bei den Tieren der Gruppe A zwischen 20 und 48 % (32.4 ± 7.6 %). 15 Werte lagen deutlich über dem Referenzbereich von 25 bis 33 %. Bei den Kontrolltieren der Tiergruppe B lag der Hämatokrit mit Werten von 17 bis 30 % (25.2 ± 5.2 %) deutlich, aber nicht signifikant tiefer. Die Leukozytenzahl lag

bei den Kälbern der Gruppe A zwischen 5.4 und $49.7 \times 10^3/\mu\text{l}$ ($17.3 \pm 12.0 \times 10^3$ Leukozyten/ μl). Bei 21 Kälbern war sie mit Werten über dem Referenzbereich von 4 bis 8.8×10^3 Leukozyten/ μl erhöht. Die bei diesen Tieren durchgeführte Leukozytendifferenzierung ergab bei 11 Kälbern eine Kernlinksverschiebung. Bei den Kälbern der Tiergruppe B lag die Leukozytenzahl zwischen 6.5 und 10×10^3 ($8.1 \pm 1.3 \times 10^3$ Leukozyten/ μl), bei einem Kalb lag der Wert leicht über dem Referenzbereich. Das Plasmaprotein lag bei den Kälbern der Tiergruppe A bei 71.5 ± 14 g/l und bei den Kälbern der Tiergruppe B bei 61.5 ± 4.4 g/l. Das Fibrinogen war bei den Kälbern der Tiergruppe A mit 9.4 ± 2.9 g/l nicht signifikant höher als bei den Kontrolltieren mit 5.2 ± 2.5 g/l ($P > 0.05$, t-Test).

4.3. Sonographische Befunde an Pleura und Lunge

4.3.1. Darstellbarkeit und Ausdehnung der Lunge: Tiergruppe A

Im präskapulären Lungenfeld konnten Lunge und Pleura nicht dargestellt werden und über den ersten 3 Interkostalräumen wurde das Lungenfeld von der Schulter überdeckt.

4.3.1.1. Messungen an der linken Thoraxseite

Bei der sonographischen Untersuchung der linken Thoraxseite konnte die Lunge vom 4. bis zum 12. Interkostalraum dargestellt werden (Tab. 1). Im vierten Interkostalraum war sie bei 26.9 %, im fünften bei 88.5 %, im sechsten bis zehnten bei allen Kälbern, im elften bei 76.9 % und im zwölften bei 11.5 % der Kälber zu sehen.

Die dorsale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 6 zwischen 21.9 ± 5.7 cm und 16.6 ± 2.8 cm, im Interkostalraum 7 bei 13.2 ± 2.8 cm und in den Interkostalräumen 8 bis 12 zwischen 10.2 ± 2.2 cm und 7.8 ± 2.1 cm von der Rückenlinie entfernt. Die obere Lungengrenze war nach kranial ab dem 7. Interkostalraum in einem grösseren Abstand zur Rückenlinie, weil die Scapula in diesem Bereich das Lungenfeld überdeckte.

Die ventrale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 7 zwischen 31.0 ± 5.4 cm und 33.8 ± 5.2 cm, im Interkostalraum 8 bei 28.1 ± 5.6 cm, im 9. Interkostalraum bei 23.1 ± 4.5 cm und in den Interkostalräumen 10 bis 12 zwischen 17.5 ± 4.5 cm und 13.8 ± 5.2 cm von der Rückenlinie entfernt. Der Abstand der ventralen Lungengrenze nahm von kranial nach kaudal kontinuierlich ab, da sich die Lunge nach kaudodorsal verjüngte.

Die Ausdehnung der Lunge war im 7. Interkostalraum am grössten und im 12. Interkostalraum am kleinsten. Pleura visceralis und Pleura parietalis lagen bei allen Kälbern aneinander und konnten nur als eine echogene Linie an der Lungenoberfläche gesehen werden. Bei einem Kalb konnte diese echogene Linie jedoch nicht dargestellt werden, ebenso fehlte in diesem Bereich die atemsynchrone Verschieblichkeit zwischen Pleura visceralis und Pleura parietalis. Bei allen anderen Kälbern konnte die Verschieblichkeit der Pleurablätter nachgewiesen werden. Die Darstellung gelang besonders am Übergang zwischen Milz und Lunge, hier schob sich die Lunge wie ein Vorhang über die Milz. Bei keinem Kalb wurde Flüssigkeit im Pleuraspalt festgestellt.

Tab. 1: Dorsale und ventrale Lungengrenze sowie Ausdehnung der Lunge auf der linken Thoraxseite bei 27 Kälbern der Tiergruppe A (Mittelwert \bar{x} , Standardabweichung s, und Schwankungsbreite S).

Interkostalraum (n = Anzahl Kälber)	Dorsale Lungengrenze (cm)			Ventrale Lungengrenze (cm)			Ausdehnung (cm)		
	\bar{x}	s	S	\bar{x}	s	S	\bar{x}	s	S
3 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 (n = 7)	21.9	5.7	17-29	31.0	5.4	25-39	9.1	2.5	6-13
5 (n = 23)	18.9	3.6	13-25	31.8	5.8	19-42	12.9	5.4	3-24
6 (n = 26)	16.6	2.8	12-23	33.8	5.2	25-44	17.2	4.3	10-25
7 (n = 26)	13.2	2.8	7-18	31.7	4.7	24-41	18.5	3.7	12-24
8 (n = 26)	10.2	2.2	6-15	28.1	5.6	21-44	17.9	5.0	11-34
9 (n = 26)	8.7	1.9	6-13	23.2	4.5	14-33	14.5	3.9	8-25
10 (n = 26)	8.2	1.8	5-13	17.5	4.5	10-30	9.3	3.9	4-21
11 (n = 20)	7.8	2.1	5-12	13.8	5.2	8-27	6.0	4.2	1-19
12 (n = 3)	8.2	1.5	7-10	13.8	5.3	9-19	5.7	4.4	2-11

4.3.1.2. Messungen an der rechten Thoraxseite

Von der rechten Brustwandseite aus waren Pleura und Lungenoberfläche ähnlich häufig wie von links sichtbar. Die Lunge konnte vom 3. bis zum 12. Interkostalraum dargestellt werden. Im dritten Interkostalraum war sie bei 3.7 %, im vierten und im fünften bei 18.5 %, im sechsten bei 92.6 %, im siebten bis neunten bei allen Kälbern, im zehnten bei 92.6 %, im elften bei 77.8 % und im zwölften bei 18.5 % der Kälber zu sehen (Tab. 2).

Die dorsale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 6 zwischen 23.6 ± 4.3 cm und 16.4 ± 3.4 cm, in den Interkostalräumen 7 und 8 zwischen 13.5 ± 4.6 cm und 10.1 ± 4.1 cm, in den Interkostalräumen 9 bis 11 zwischen 8.6 ± 2.7 cm und 9.8 ± 5.7 cm und im 12. Interkostalraum bei 15.2 ± 12.5 cm. Der Abstand der dorsalen Lungengrenze zur Rückenlinie nahm wegen der Scapula auch auf der rechten Seite nach kranial zu.

Die ventrale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 7 zwischen 30.8 ± 7.3 cm und 32.3 ± 8.0 cm, im Interkostalraum 8 bei 27.9 ± 7.2 cm, und in den Interkostalräumen 9 bis 12 zwischen 23.9 ± 7.4 cm und 20.9 ± 16.7 cm. Die Ausdehnung der Lunge war auch auf der rechten Thoraxseite im 7. Interkostalraum am grössten und im 12. Interkostalraum am kleinsten.

Tab. 2: Dorsale und ventrale Lungengrenze sowie Ausdehnung der Lunge auf der rechten Thoraxseite bei 27 Kälbern der Tiergruppe A (Mittelwert \bar{x} , Standardabweichung s und Schwankungsbreite S).

Interkostalraum (n = Anzahl Kälber)	Dorsale Lungengrenze (cm)			Ventrale Lungengrenze (cm)			Ausdehnung (cm)		
	\bar{x}	s	S	\bar{x}	s	S	\bar{x}	s	S
3 (n = 1)	31.5	-	-	37.0	-	-	5.5	-	-
4 (n = 5)	23.6	4.3	17-27	30.8	7.3	21-41	7.2	3.9	4-15
5 (n = 22)	19.0	3.9	14-28	33.1	5.9	23-44	14.2	4.3	12-26
6 (n = 25)	16.4	3.4	12-24	35.0	4.9	28-44	18.6	4.2	10-34
7 (n = 27)	13.5	4.6	5-29	32.3	8.0	20-63	18.8	5.1	12-29
8 (n = 27)	10.1	4.1	6-27	27.9	7.2	27-56	17.8	4.6	2-32
9 (n = 27)	9.0	3.0	5-19	23.9	7.4	11-51	14.9	5.6	2-25
10 (n = 25)	8.6	2.7	5-16	19.4	5.4	10-37	10.7	4.4	1-17
11 (n = 21)	9.8	5.7	5-26	16.9	8.0	9-39	7.0	4.1	3-13
12 (n = 5)	15.2	12.6	7-37	20.9	16.7	10-50	5.7	4.2	8-25

4.3.2. Pathologische Ultraschallbefunde: Tiergruppe A

Bei allen Kälbern wurden pathologische Untersuchungsbefunde erhoben. Kometenschweifartefakte (Abb. 1) wurden am häufigsten auf der linken Seite in den Interkostalräumen 5 bis 8 dargestellt (Tab. 3) und auf der rechten Seite in den Interkostalräumen 6 bis 9 (Tab. 4). Bei 30 Kälbern wurden Kometenschweifartefakte gefunden, diese waren bei 21 Kälbern beidseitig und bei 9 Kälbern einseitig vorhanden (Tab. 5).

Bei 21 Kälbern waren im Lungenparenchym Luftreflexe (Abb. 2) zu sehen. Die Luftreflexe waren 12-mal beidseitig und 9-mal einseitig vorhanden. Sie wurden auf beiden Thoraxseiten am häufigsten in den Interkostalräumen 5 bis 7 dargestellt. Luftbronchogramme (Abb. 3) wurden bei 19 Kälbern dargestellt, davon 11-mal einseitig und 8-mal beidseitig. Die Sonogramme von 4 Kälbern wiesen Flüssigkeitsbronchogramme (Abb. 4 und 5) auf, 3-mal auf der linken Seite und einmal auf beiden Seiten. Sie konnten in den Interkostalräumen 4 bis 6 dargestellt werden. Bei einem Kalb waren rechts im 7. Interkostalraum Flüssigkeit im Pleuralspalt (Abb. 6) und im 8. Interkostalraum eine Fibrinspange (Abb. 7) zu sehen. Bei 3 Kälbern war das Lungenparenchym stellenweise nicht mehr belüftet und stellte sich ähnlich wie Leberparenchym dar. Dieser als Hepatisation (Abb. 8) bezeichnete Befund wurde 1-mal beidseitig und 2-mal einseitig erhoben. Bei 4 Kälbern wurden Bronchiektasien (Abb. 9) gefunden. Diese waren durch Sekretansammlungen in erweiterten Bronchioli bedingt und stellten sich echoarm bis echogen mit distaler Schallverstärkung dar. Bronchiektasien waren immer nur einseitig vorhanden. Abszesse (Abb. 10) waren bei 2 Kälbern vorhanden. Sie wiesen einen Durchmesser von 1.5 cm bis 1.7 cm auf und waren durch eine hyperechogene Abszesskapsel, einen hypo- bis hyperechogenen Inhalt sowie eine distale Schallverstärkung charakterisiert. Beide Kälber wiesen nur einen Abszess auf. Bei 2 Kälbern konnten auf der rechten und bei einem Kalb auf der linken Thoraxseite lediglich Reverberationslinien ohne weitere Befunde, jedoch keine Verschieblichkeit der Pleura festgestellt werden.

Tab. 3: Anzahl abnormer Ultraschallbefunde in den verschiedenen Interkostalräumen der linken Thoraxseite bei 33 Kälbern der Tiergruppe A

Ultraschallbefunde	Interkostalräume linke Thoraxseite									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kometenschweifartefakt	-	5	12	14	16	13	9	9	3	-
Luftreflexe	-	4	11	12	9	5	1	-	-	-
Luftbronchogramm	-	2	10	11	9	4	2	1	1	-
Flüssigkeitsbronchogramm	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-
Erguss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spange	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hepatisation	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-
Bronchiektasie	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Abszess	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pleura nicht beweglich	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-

Tab. 4: Anzahl abnormer Ultraschallbefunde in den verschiedenen Interkostalräumen der rechten Thoraxseite bei 33 Kälbern der Tiergruppe A

Ultraschallbefunde	Interkostalräume rechte Thoraxseite									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kometenschweifartefakt	-	4	8	12	15	10	11	4	3	1
Luftreflexe	1	3	10	11	10	1	-	-	-	-
Luftbronchogramm	-	3	10	10	8	2	-	-	-	-
Flüssigkeitsbronchogramm	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Erguss	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Spange	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Hepatisation	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-
Bronchiektasie		-	-	1	-	2	1	-	-	-
Abszess	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-
Pleura nicht beweglich	-	1	2	2	2	2	2	2	2	-

Tab. 5: Pathologische Ultraschallbefunde, Tiergruppe A

Ultraschallbefunde	n Kälber	Rechts	Links	Beidseits
Kometenschweifartefakt	30	4	5	21
Luftreflexe	21	5	4	12
Luftbronchogramm	19	3	8	8
Flüssigkeitsbronchogramm	4	0	3	1
Erguss	1	1	0	0
Spange	1	1	0	0
Hepatisation	3	1	1	1
Bronchiektasie	4	3	1	0
Abszess	2	2	0	0
Pleura nicht beweglich	3	2	1	0

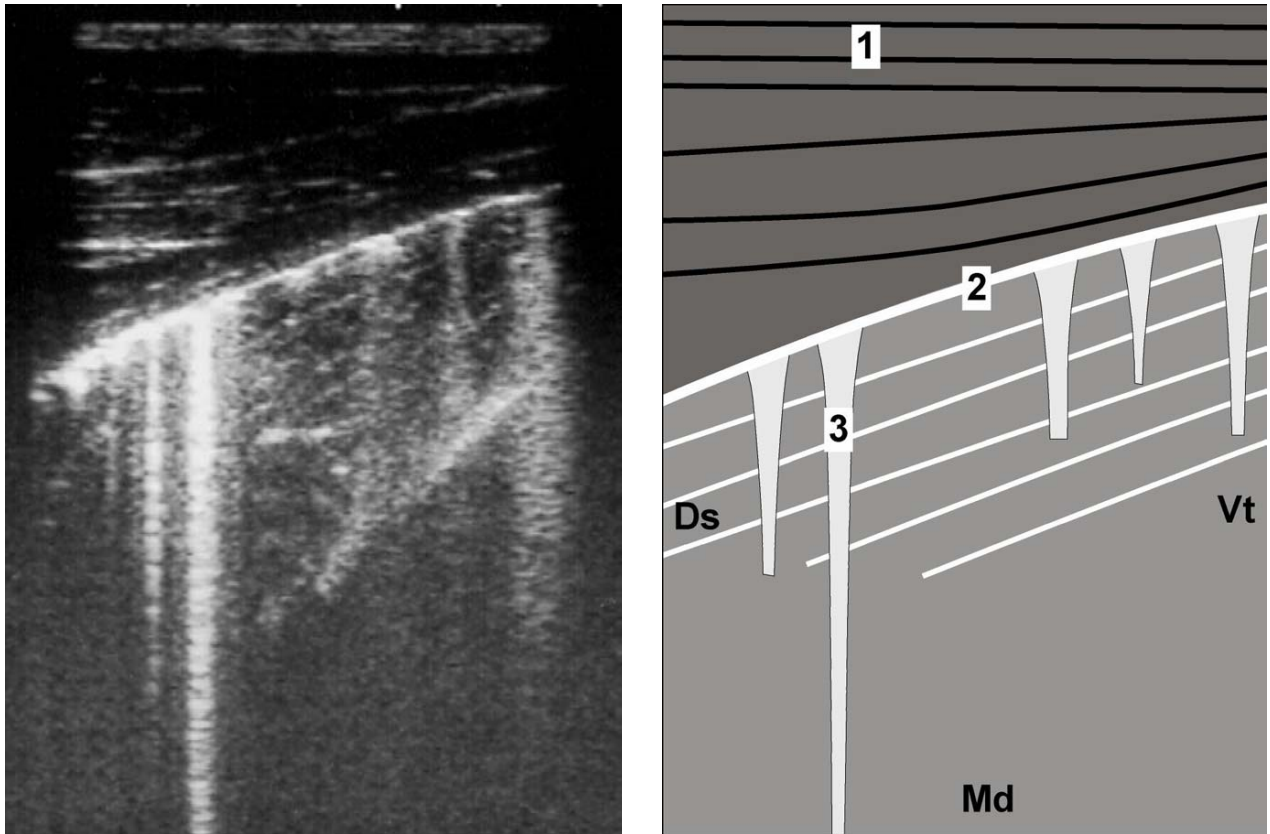


Abb. 1: Kometenschweifartefakte. Sonogramm und Skizze bei einem Kalb mit akuter Bronchopneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Kometenschweifartefakt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial.

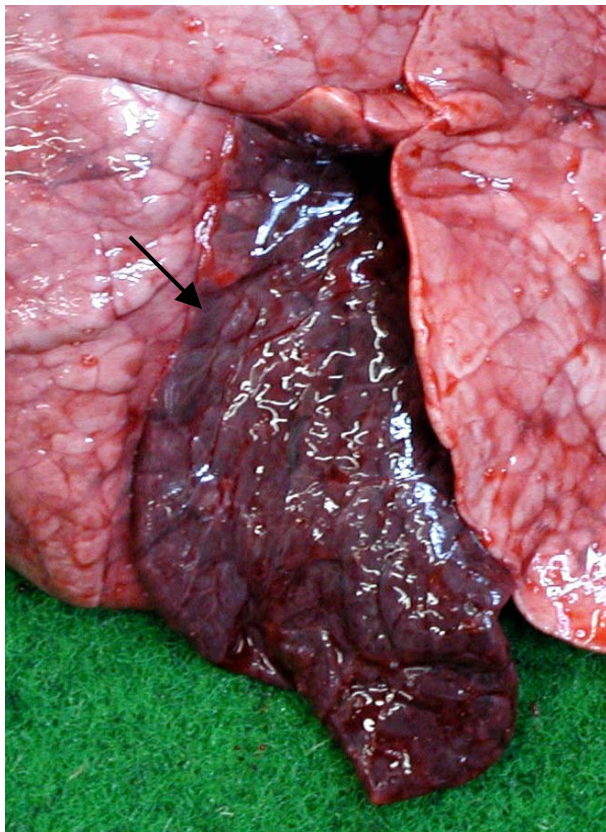
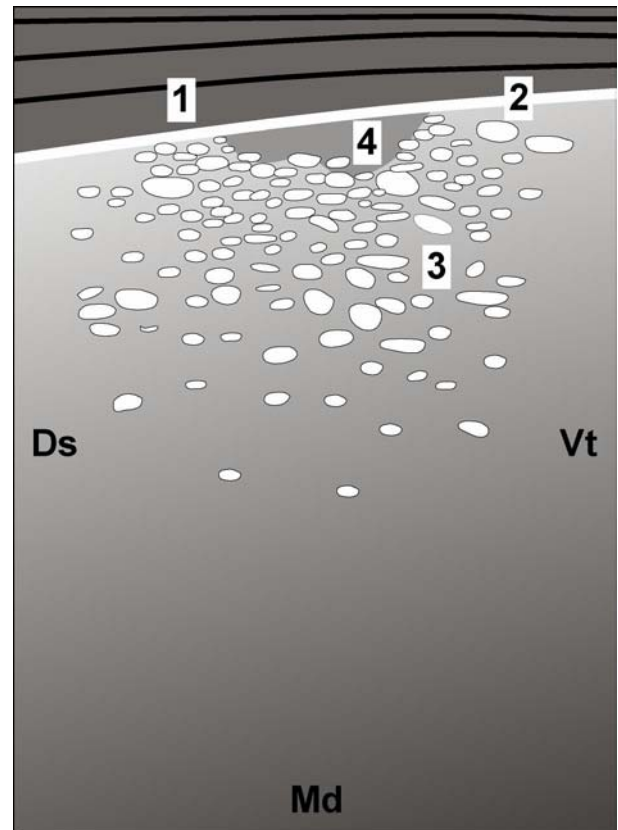
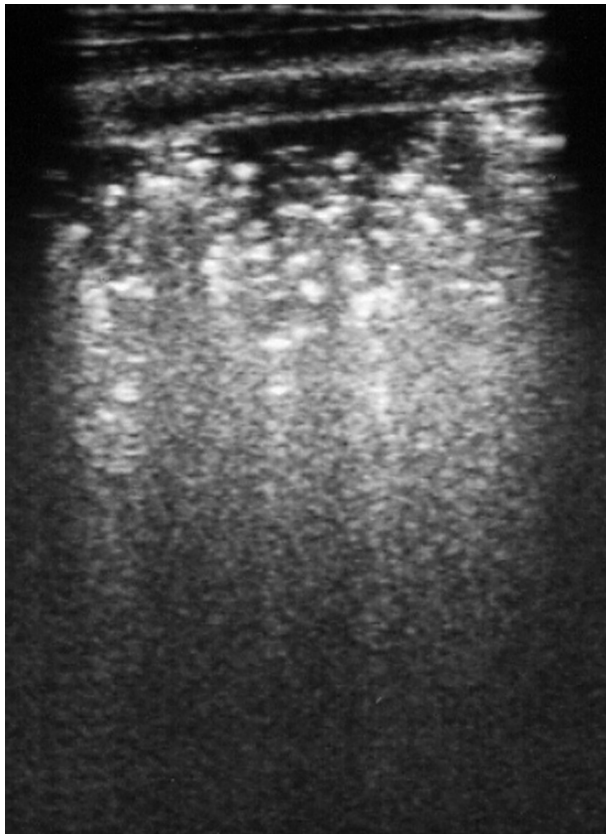


Abb. 2: Luftreflexe. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit akuter katarrhalisch-eitriger Bronchopneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Luftreflexe, 4 Unregelmässig begrenzter echoarmer Prozess, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Lungenabschnitt mit konsolidiertem Gewebe.

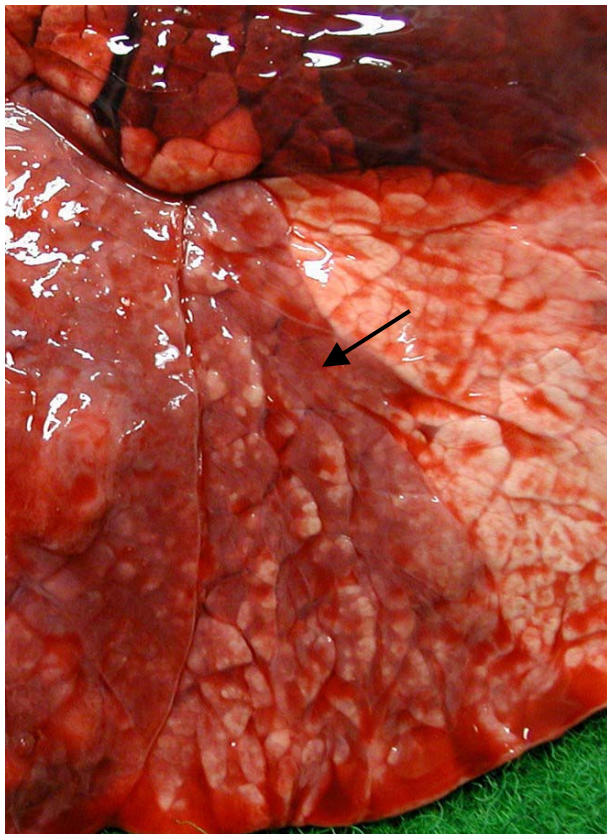
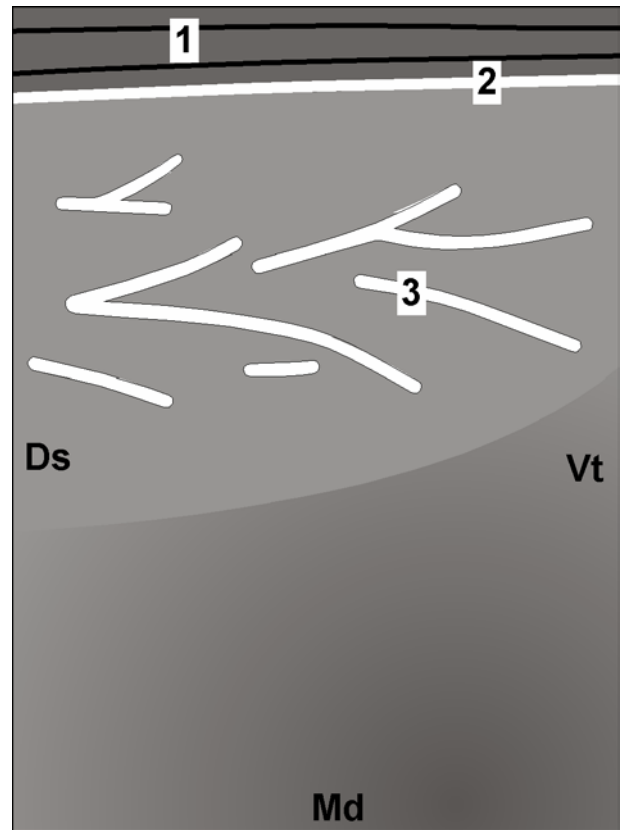
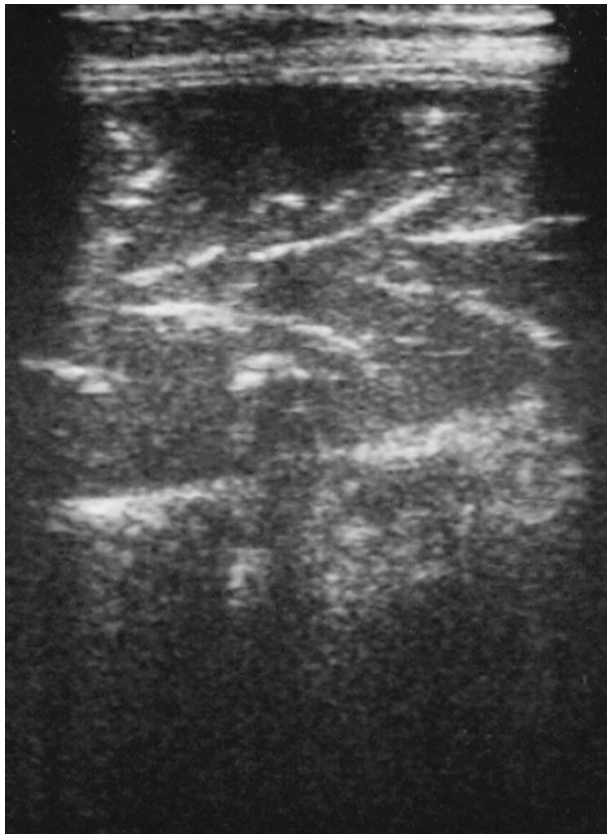


Abb. 3: Luftbronchogramm.

Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit chronischer katarhalisch-eitriger Bronchopneumonie.

1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Luftgefüllte Bronchioli, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Lungenabschnitt mit leichtgradigen pneumonischen Veränderungen.

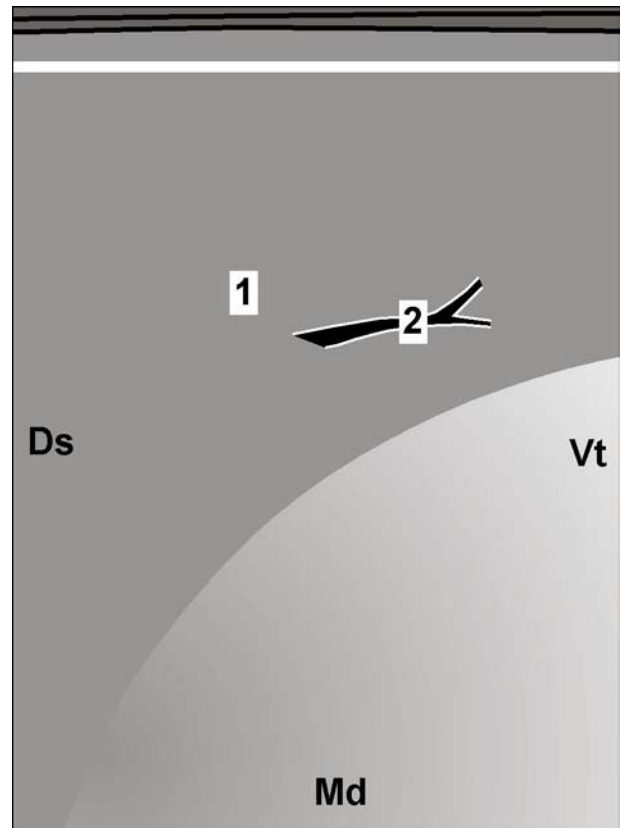
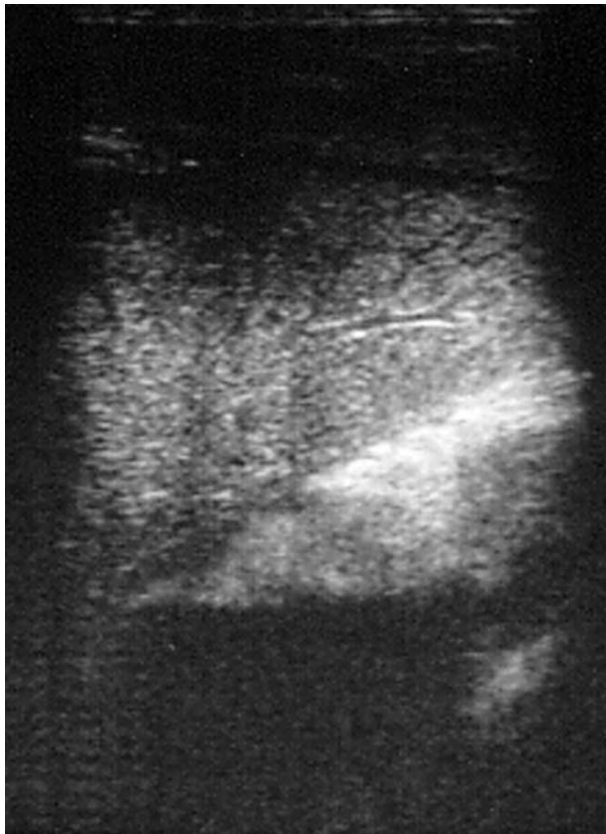


Abb 4: Flüssigkeitsbronchogramm. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit fibrinöser Pleuropneumonie. 1 Konsolidiertes Lungenparenchym, 2 Flüssigkeitsbronchogramm, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Lungenanschnitt mit stark konsolidiertem Gewebe und Anschnitten von Bronchioli (Pfeil).

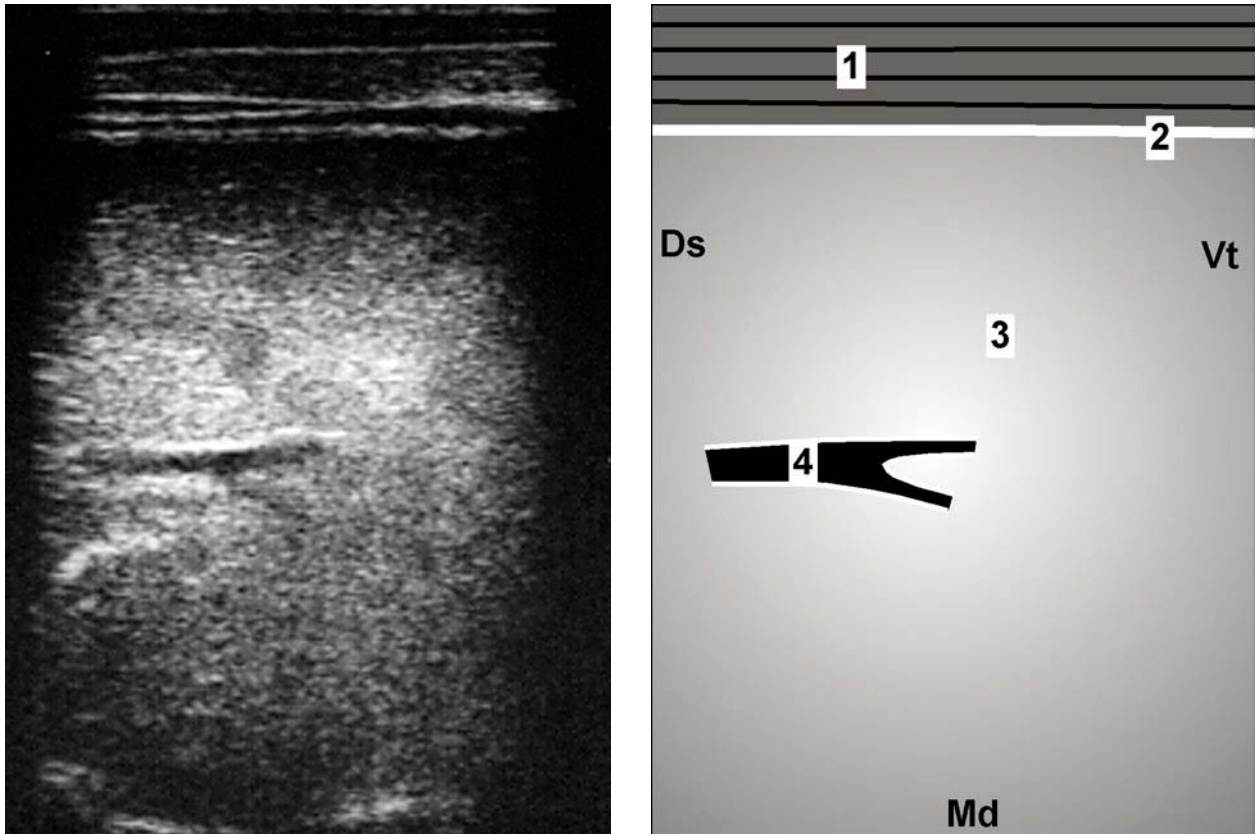


Abb. 5: Flüssigkeitsbronchogramm. Sonogramm und Skizze beim gleichen Kalb wie in Abb. 4. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Lungenparenchym, 4 Bronchus mit flüssigem Inhalt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial.

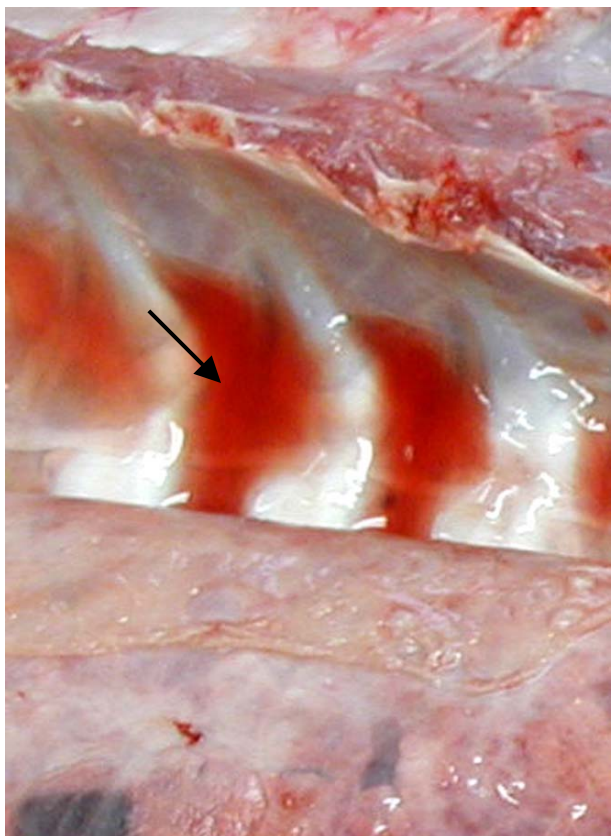
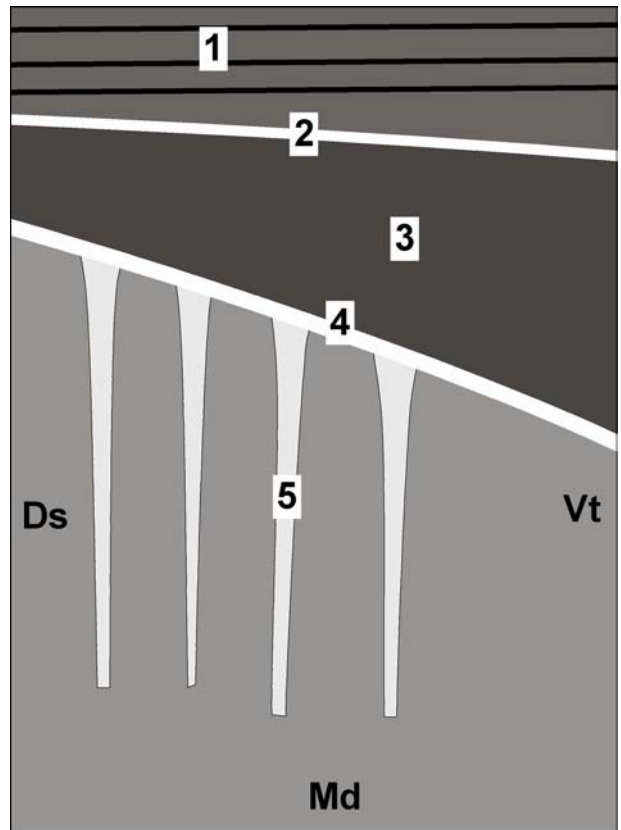


Abb. 6: Erguss. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit fibrinöser Pleuropneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura parietalis, 3 Erguss, 4 Pleura visceralis (Schallverstärkung), 5 Kometenschweifartefakt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Ausschnitt aus dem Thoraxsitus mit Flüssigkeit zwischen den Rippen.

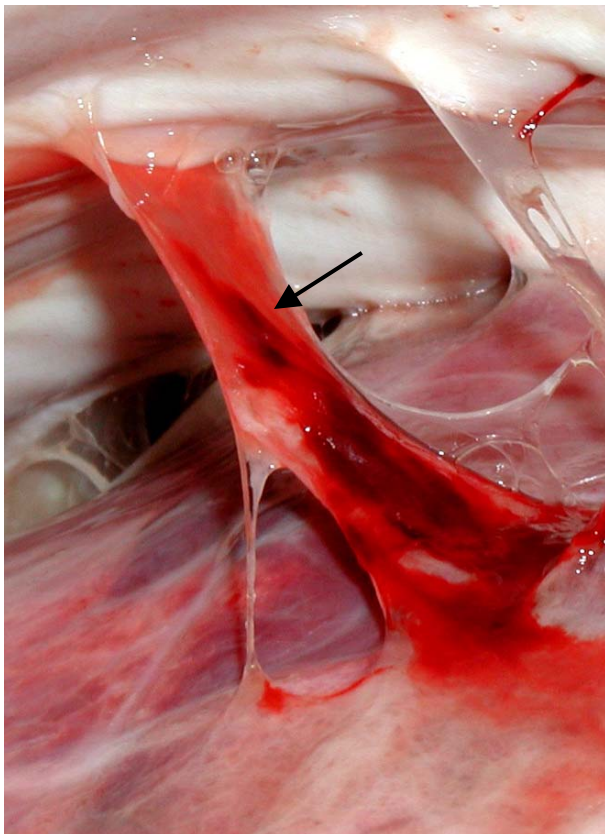
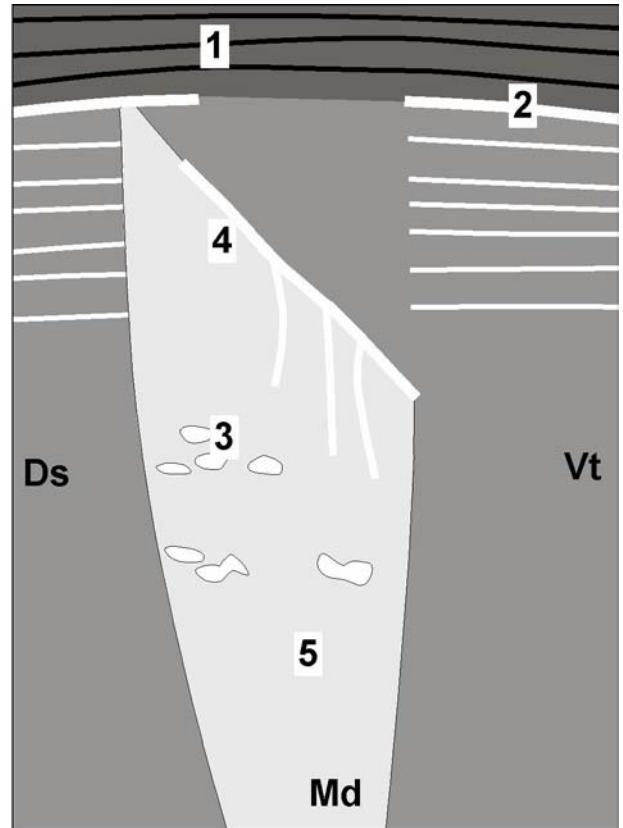


Abb. 7: Fibrinspange. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit fibrinöser Pleuropneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Luftreflexe, 4 Fibrinspange, 5 Schallverstärkung, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt die im Ultraschall gesehene Fibrinspange im Pleuraspalt.

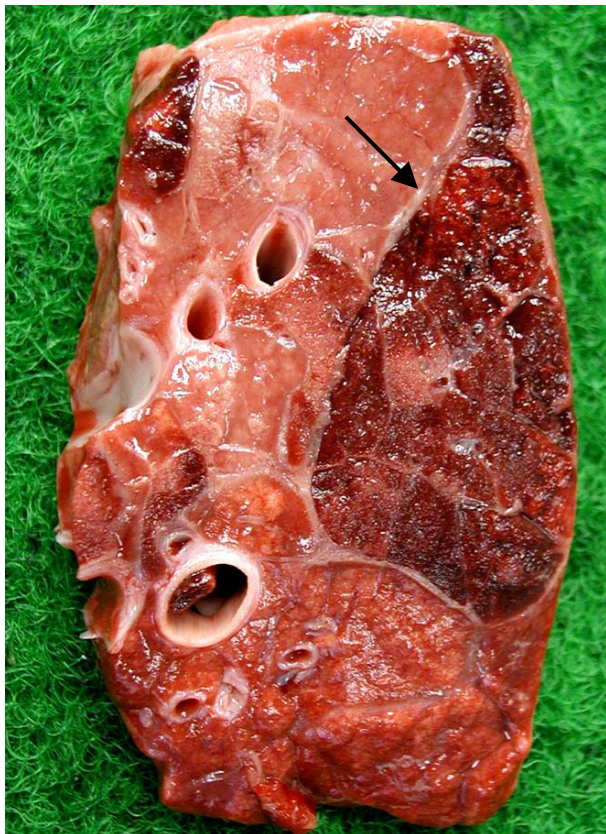
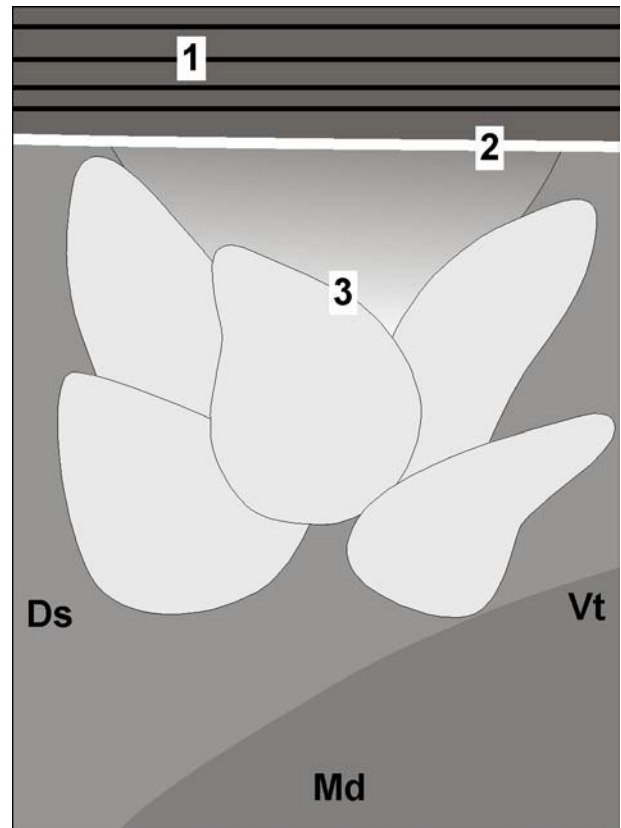


Abb. 8: Hepatisation, hochgradige Konsolidierung und ödematöse Septen. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit fibrinöser Pleuropneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Ödematöse Septen, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Lungenanschnitt mit hochgradig konsolidiertem Gewebe und ödematisierten Septen (Pfeil).

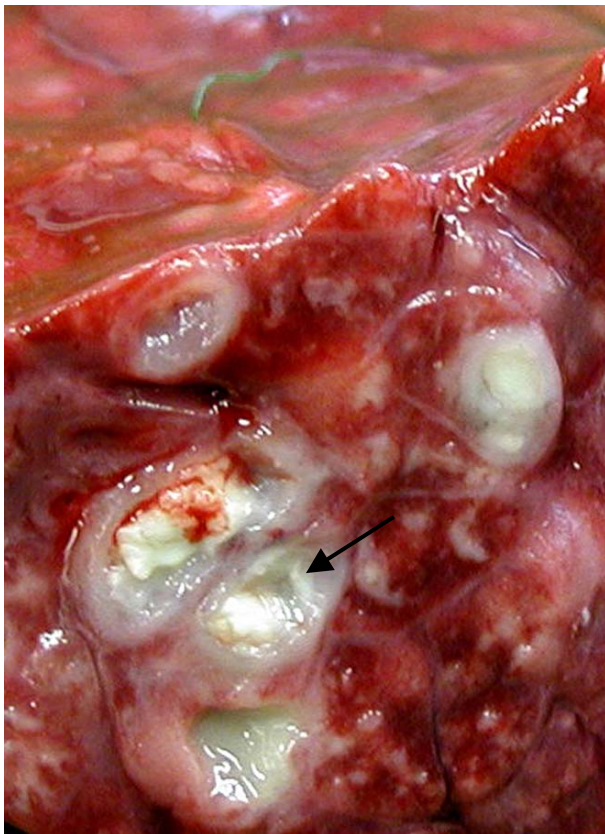
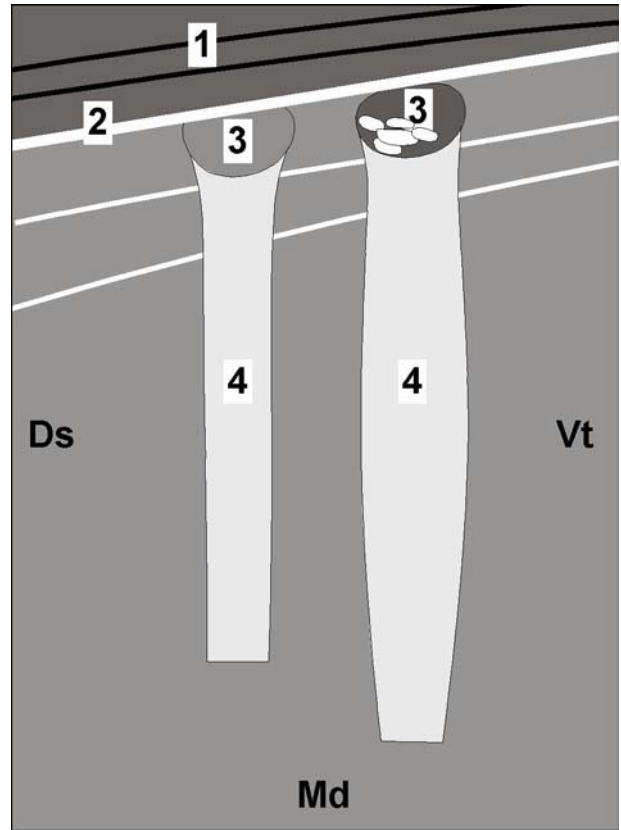
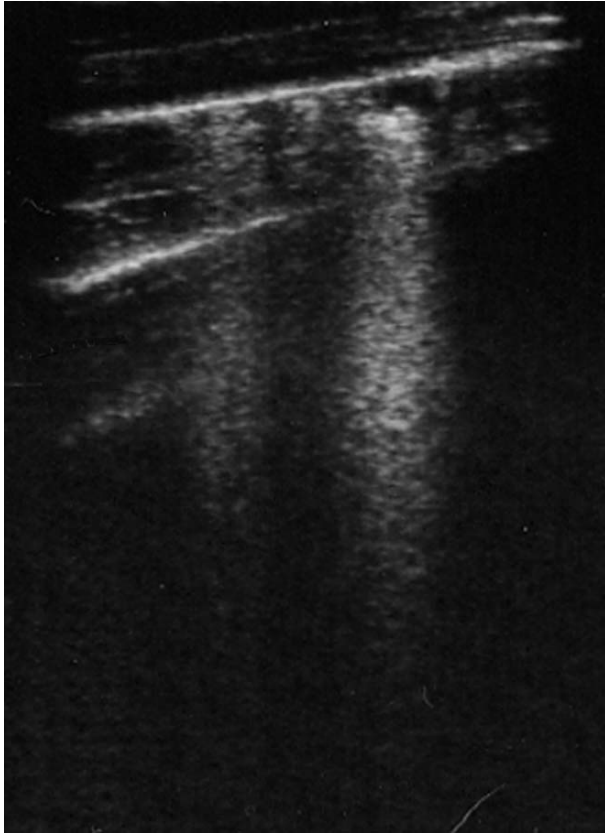


Abb. 9: Bronchiektasien. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit chronischer katarrhalisch-eitriger Bronchopneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Bronchiektasie, 4 Kometenschweifartefakt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt mit eitrigem Material angefüllte Bronchioli.

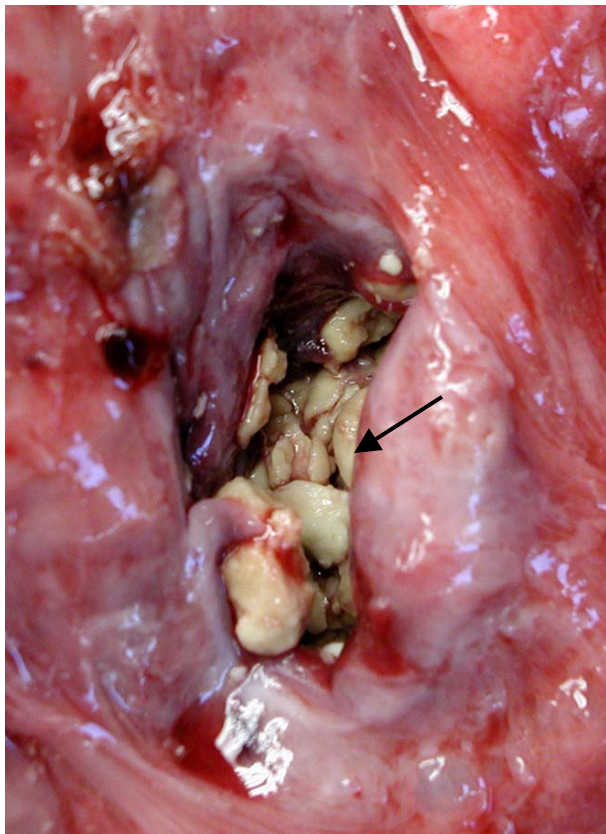
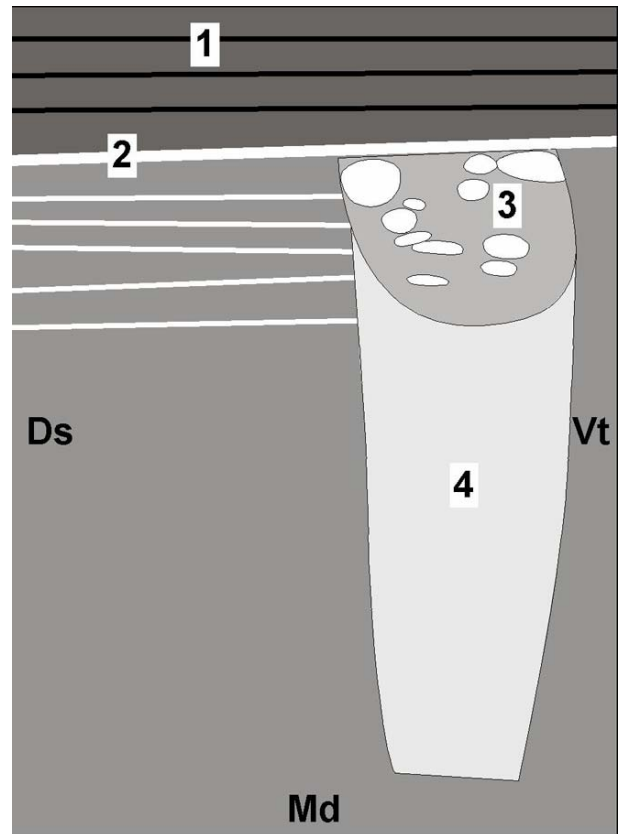
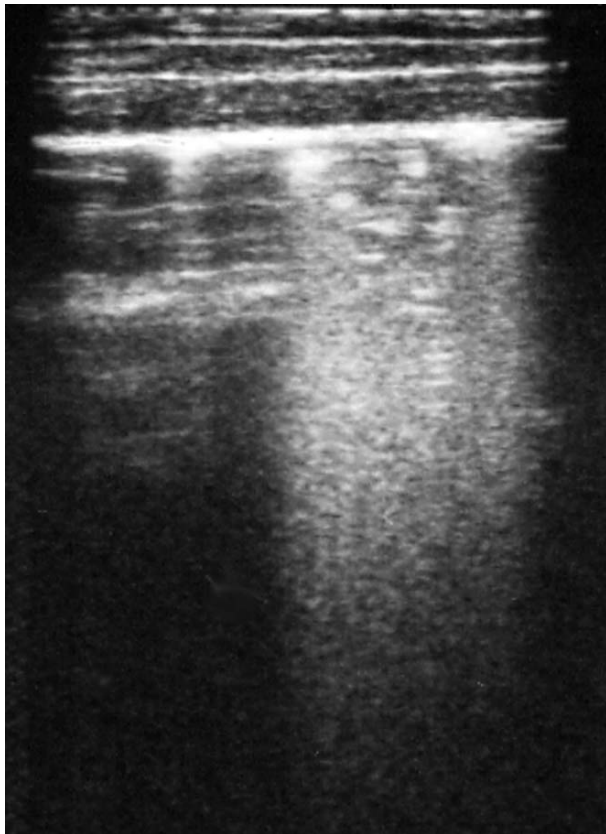


Abb. 10: Abszess. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit chronisch katarrhalisch-eitriger Bronchopneumonie und Abszessbildung.

1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Lungenabszess, 4 Kometenschweifartefakt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt einen Abszess im Lungengewebe.

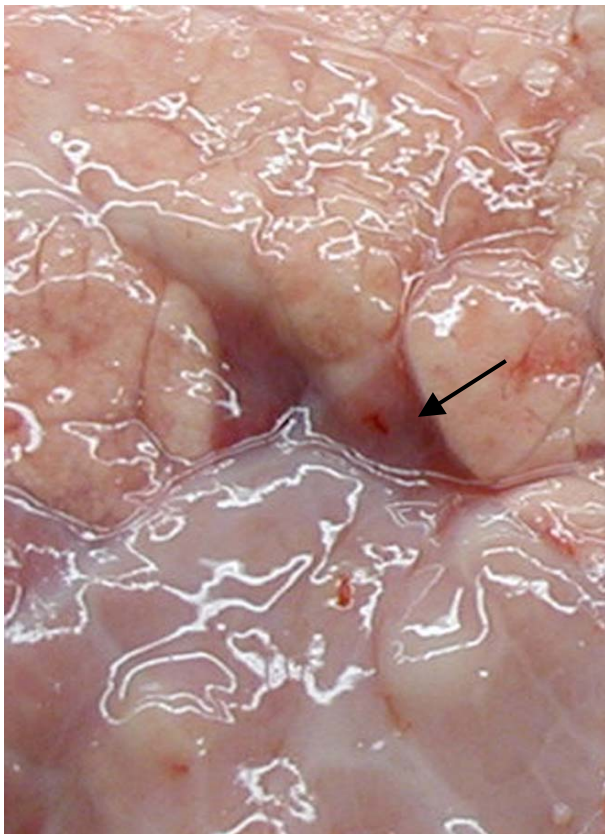
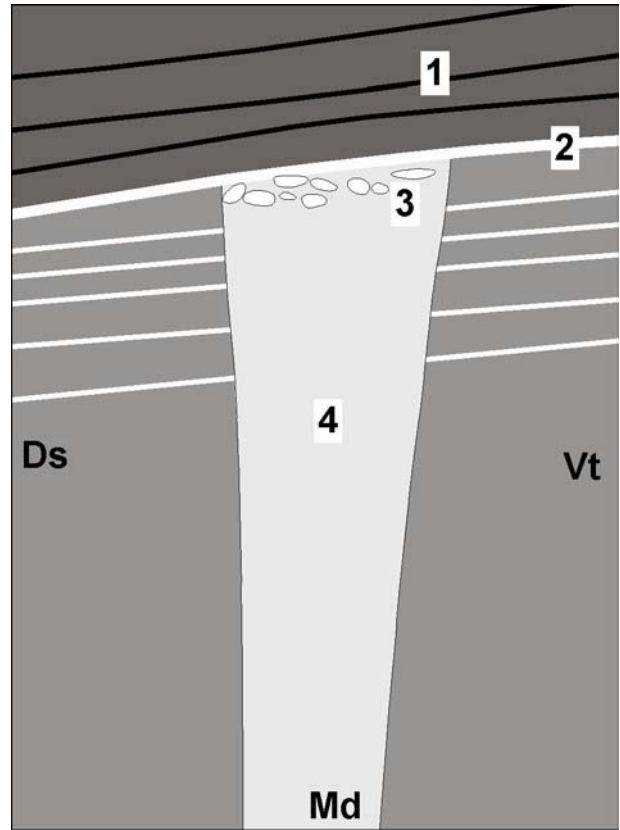
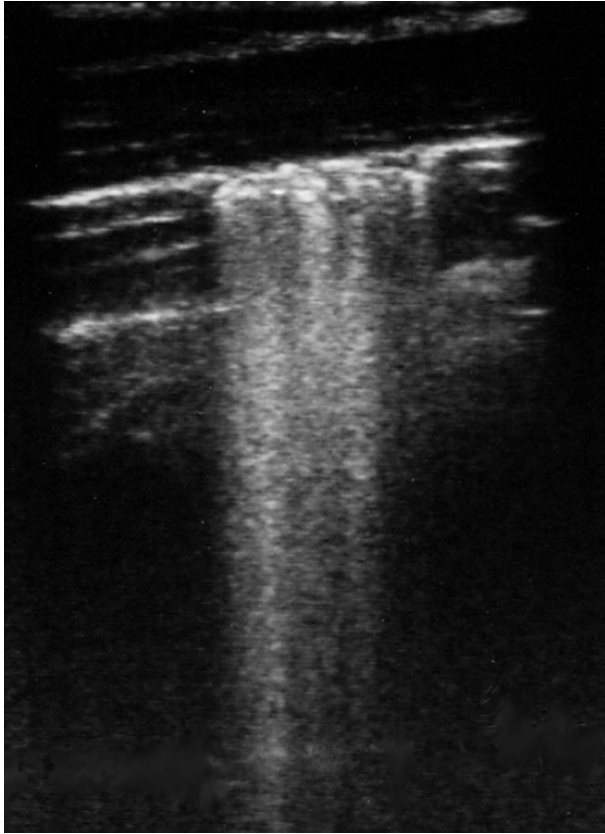


Abb. 11: Leichtgradige Konsolidierung. Sonogramm, Skizze und Sektionsbild bei einem Kalb mit akuter katarrhalisch-eitriger Bronchopneumonie. 1 Thoraxwand, 2 Pleura, 3 Luftreflexe, 4 Kometenschweifartefakt, Ds Dorsal, Vt Ventral, Md Medial. Das Sektionsbild zeigt eine leichtgradige oberflächliche Konsolidierung im sonst unveränderten Lungengewebe.

4.3.3. Darstellbarkeit und Ausdehnung der Lunge: Tiergruppe B

Bei den Kälbern der Tiergruppe B wurde das Lungenfeld wie bei denjenigen der Tiergruppe A in den ersten 3 Interkostalräumen von der Schulter überdeckt und das präskapuläre Lungenfeld konnte ebenfalls nicht dargestellt werden.

4.3.3.1. Messungen an der linken Thoraxseite

Bei der sonographischen Untersuchung der linken Thoraxseite konnte die Lunge vom 11. bis zum 4. Interkostalraum dargestellt werden (Tab. 6). Im fünften bis zehnten Interkostalraum war sie bei 100 % und im elften Interkostalraum bei 28.6 % der Kälber zu sehen.

Die dorsale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 7 zwischen 23.0 ± 6.2 cm und 15.5 ± 2.7 cm und in den Interkostalräumen 8 bis 11 zwischen 10.4 ± 1.9 cm und 9.3 ± 0.4 cm von der Mittellinie entfernt. Die ventrale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 4 bis 8 zwischen 30.8 ± 3.5 cm und 37.1 ± 5.4 cm, im 9. Interkostalraum bei 26.6 ± 3.6 cm, im 10. bei 17.6 ± 5.4 cm und im 11. Interkostalraum 12.3 ± 1.8 cm von der Mittellinie entfernt. Die Ausdehnung der Lunge war im 8. Interkostalraum am grössten und im 11. Interkostalraum am kleinsten.

Die dorsale und die ventrale Lungengrenze sowie die Ausdehnung der Lunge unterschieden sich nicht signifikant von den entsprechenden Parametern der Tiergruppe A ($P > 0.05$, t-Test).

Bei allen Kälbern lagen die Pleura visceralis und die Pleura parietalis aneinander und bildeten eine echogene Linie an der Lungenoberfläche. Die Verschieblichkeit der Pleurablätter konnte überall dargestellt werden. Der Pleuraspalt war bei allen Kälbern frei von Flüssigkeit.

4.3.3.2. Messungen an der rechten Thoraxseite

Bei der sonographischen Untersuchung der rechten Thoraxseite konnte die Lunge vom 5. bis zum 11. Interkostalraum dargestellt werden (Tab. 7). Die dorsale Lun-

gengrenze lag in den Interkostalräumen 5 bis 6 zwischen 20.5 ± 3.1 cm und 18.7 ± 3.0 cm, im 7. Interkostalraum bei 13.4 ± 3.3 cm und in den Interkostalräumen 8 bis 11 zwischen 8.5 ± 2.2 cm und 10.0 ± 2.3 cm.

Die ventrale Lungengrenze lag in den Interkostalräumen 5 bis 6 zwischen 36.1 ± 4.9 cm und 34.8 ± 5.5 cm, in den Interkostalräumen 7 und 8 zwischen 31.4 ± 4.9 cm und 27.9 ± 4.6 cm, im 9. und 10. Interkostalraum zwischen 23.1 ± 3.9 cm und 18.6 ± 4.6 cm und im 11. Interkostalraum bei 13.3 ± 1.9 cm.

Die dorsale und ventrale Lungengrenze sowie die Ausdehnung der Lunge unterschieden sich auch auf der rechten Seite nicht signifikant von denen der Tiergruppe A ($P > 0.05$, t-Test).

Bei allen Kälbern lagen die Pleura visceralis und die Pleura parietalis aneinander und bildeten eine echogene Linie an der Lungenoberfläche. Die Verschieblichkeit der Pleurablätter konnte überall dargestellt werden. Der Pleuraspalt war bei allen Kälbern frei von Flüssigkeit.

Tab. 6: Dorsale und ventrale Lungengrenze sowie Ausdehnung der Lunge auf der linken Thoraxseite bei 7 Kälbern der Tiergruppe B (Mittelwert \bar{x} , Standardabweichung s und Normalverteilung $\bar{x} \pm 2s$).

Interkostalraum (n = Anzahl Kälber)	Dorsale Lungengrenze (cm)			Ventrale Lungengrenze (cm)			Ausdehnung (cm)		
	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$
3 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 (n = 1)	21.0	-	-	32	-	-	11	-	-
5 (n = 7)	23.0	6.2	11-35	35.7	5.3	25-46	12.8	6.8	0-26
6 (n = 7)	17.5	3.2	11-24	37.1	5.4	26-48	18.9	4.4	10-28
7 (n = 7)	15.5	2.7	10-21	34.7	3.3	28-41	19.2	2.5	14-24
8 (n = 7)	10.4	1.9	7-14	30.8	3.5	24-38	20.4	1.8	17-24
9 (n = 7)	10.3	4.2	2-19	26.6	3.6	19-34	17.6	3.3	11-24
10 (n = 7)	9.3	1.7	6-13	17.6	5.4	7-28	8.3	4.1	0-17
11 (n = 2)	9.3	0.4	9-10	12.3	1.8	9-16	3.0	1.4	0-6
12 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7: Dorsale und ventrale Lungengrenze sowie Ausdehnung der Lunge auf der rechten Thoraxseite bei 7 Kälbern der Tiergruppe B (Mittelwert \bar{x} , Standardabweichung s und Normalverteilung $\bar{x} \pm 2s$).

Interkostalraum (n = Anzahl Kälber)	Dorsale Lungengrenze (cm)			Ventrale Lungengrenze (cm)			Ausdehnung (cm)		
	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$	\bar{x}	s	$\bar{x} \pm 2s$
3 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 (n = 7)	20.5	3.1	14-27	34.8	5.5	24-46	14.3	3.5	7-21
6 (n = 7)	18.7	3.0	13-25	36.1	4.9	26-46	17.3	3.7	10-25
7 (n = 7)	13.4	3.3	7-20	31.4	4.9	22-41	18.0	3.1	12-24
8 (n = 7)	9.4	2.9	4-15	27.9	4.6	19-37	18.5	3.0	13-25
9 (n = 7)	8.5	2.2	6-11	23.1	3.9	15-31	14.6	2.5	10-20
10 (n = 7)	7.8	2.0	4-12	18.6	4.6	9-28	10.6	3.3	4-17
11 (n = 5)	10	2.3	5-15	13.3	1.9	10-17	3.3	1.6	0.7
12 (n = 0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.3.4. Pathologische Ultraschallbefunde: Tiergruppe B

Bei den Kälbern der Tiergruppe B konnten keine pathologischen Ultraschallbefunde erhoben werden.

4.4. Lungenbiopsie

Bei 10 Kälbern der Tiergruppe A wurden insgesamt 16 Lungenbiopsien aus Lungenparenchym entnommen, das sonographisch konsolidiert erschien. Als sonographisch konsolidiert wurden Bezirke mit Luftreflexen, Luftbronchogrammen oder Flüssigkeitsbronchogrammen bezeichnet. In 12 Fällen lagen eine nekrotisierende Bronchiolitis, Atelektasen und katarrhalisch-eitriges Exsudat vor, und es wurde aufgrund dieser Veränderungen die Diagnose einer akuten katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonie gestellt. Die Diagnose einer chronischen Bronchopneumonie wurde 3-mal gestellt. Die Biopsien dieser Tiere waren durch vermehrt auftretende Lymphozyten und Plasmazellen im Exsudat, durch Epithelisation von Alveolen und in manchen Fällen auch durch Bildung einer Bronchiolitis obliterans charakterisiert. In einer Biopsie waren Parenchymnekrosen mit Fibrinergüssen, fischzugartig angeordnete Entzündungszellinfiltrate, thrombosierte Gefäße und Septenverbreiterung infolge entzündlicher Ödeme zu sehen. Bei diesem Tier wurde die Diagnose fibrinöse Pleuropneumonie gestellt. Das Fehlen von bindegewebiger Demarkation der nekrotischen Areale definierte die Läsion als akut. In 13 Fällen stimmten die histologischen Befunde der Biopsien mit den in den gleichen Lungenlappen postmortal vorgenommenen histologischen Untersuchungen überein. Bei einem Kalb, bei welchem 2 Biopsien an verschiedenen Stellen entnommen wurden, wurde aufgrund der Biopsie eine akute und aufgrund der postmortalen Untersuchung eine chronische Bronchopneumonie diagnostiziert und bei einem weiteren Kalb wurde in der Biopsie eine akute Bronchopneumonie festgestellt; es handelte sich bei diesem Kalb jedoch um eine akute fibrinöse Pleuropneumonie.

4.5. Pathologisch-anatomische Untersuchungen

4.5.1. Pathologisch-anatomische Untersuchungen: Tiergruppe A

Bei allen Kälbern der Tiergruppe A wurden bronchopneumonische Veränderungen festgestellt. Bei 18 Kälbern befand sich Schaum, bei einem Kalb eitriger Inhalt in der Trachea. In 24 Fällen waren die Lungenlymphknoten vergrößert. Die sonstigen Thoraxorgane waren bei allen Kälbern unauffällig.

Die Lungen waren auf der linken Seite makroskopisch im Mittel zu $36.1 \pm 21.6 \%$ und auf der rechten Seite zu $41.3 \pm 21.9 \%$ verändert. Es waren vor allem die Spitzenlappen betroffen und je nach Ausdehnung die Zwerchfelllappen. Der kraniale Anteil des linken Spitzenlappens war im Mittel zu $66.2 \pm 42.4 \%$ verändert, der kaudale Anteil des linken Spitzenlappens zu $83 \pm 33.0 \%$, der linke Zwerchfelllappen zu $17.4 \pm 23.2 \%$, der kraniale Anteil des rechten Spitzenlappens zu $77.2 \pm 37.6 \%$, der kaudale Anteil des rechten Spitzenlappens zu $72.5 \pm 40.1 \%$, der rechte Mittellappen zu $75.5 \pm 37.2 \%$, der rechte Zwerchfelllappen zu $14.9 \pm 21.9 \%$ und der Anhangslappen zu $91.8 \pm 24.3 \%$. Das makroskopisch veränderte Lungenparenchym wies erhöhte Konsistenz und Rötung, eventuell auch herdförmige Veränderungen auf. Bei den herdförmigen Veränderungen handelte es sich um Bronchiektasien, Abszesse oder Nekrosen. Die genaue Differenzierung war makroskopisch oft nicht möglich.

4.5.1.1. Akute katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie

Bei 17 Kälbern wurde auf beiden Seiten eine akute katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie diagnostiziert. Bei 10 davon lag zusätzlich ein Emphysem vor, das hauptsächlich die Zwerchfelllappen betraf und bei 7 Kälbern von bullöser Natur war. Zwei Kälber, beide mit bullösem Emphysem, wiesen einen rechtsseitigen Pneumothorax auf. Der prozentuale Anteil des veränderten Lungengewebes lag im Durchschnitt links bei $33.1 \pm 20.6 \%$ (0 - 63.5 %) und rechts bei $36.2 \pm 21.9 \%$ (0 - 77 %).

Akute katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonien gingen in der Regel im zugehörigen Bereich mit nekrotisierender Bronchiolitis und Atelektase einher. Das Bronchialepithel war stellenweise stark abgeflacht oder sogar nicht mehr vorhanden. Zelldetritus verlegte in diesen Bereichen das Lumen der Bronchioli. Die Alveolen waren atelektatisch.

4.5.1.2. Chronische katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie

Bei 8 Kälbern wurde auf beiden Seiten eine chronische Bronchopneumonie diagnostiziert. Bei 2 Kälbern lag zusätzlich ein Emphysem, vor allem in den Zwerchfellappen vor. Der prozentuale Anteil des veränderten Lungengewebes lag im Durchschnitt links bei $42.3 \pm 17.9 \%$ (20.5 – 79.1 %) und rechts bei $50.2 \pm 13.7 \%$ (36.6 – 77.2 %). Histologisch waren Lymphozyten und Plasmazellen im Exsudat, im Bronchialepithel und auch peribronchial feststellbar. Im Weiteren wurden obliterierende Bronchiolitis, Epithelisierung von Alveolen sowie Fibrosierung von Alveolarwänden gefunden.

4.5.1.3. Komplikationen von katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien

Als Komplikationen von akuten katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien wurden bei 3 von 34 Lungenhälften Abszesse diagnostiziert. Es handelte sich um eitrige, mit Granulationsgewebe demarkierte Einschmelzungen. Bei 5 von 34 Lungenhälften lagen Herde mit eitrigem Inhalt vor, die histologisch als Bronchiektasien angesprochen wurden.

Von 16 Lungenhälften mit chronischer katarrhalisch-eitriger Bronchopneumonie wiesen 3 Abszesse und 6 Bronchiektasien auf.

4.5.1.4. Pleuropneumonie

Bei 6 Kälbern wurde eine fibrinöse Pleuropneumonie diagnostiziert. Die Lungen waren vor allem im Spitzenlappenbereich von besonders derber Konsistenz und es lagen Fibrinbeläge auf der Oberfläche. Der prozentuale Anteil des veränderten

Lungengewebes lag im Durchschnitt links bei $41.5 \pm 27.0 \%$ (11.7 – 76.1 %) und rechts bei $47.9 \pm 26.8 \%$ (17.3 – 73.1 %).

Histologisch handelte es sich um läppchenübergreifende Parenchymnekrosen, begleitet von dichten entzündlichen Infiltraten in den Randzonen, die fischzugartig angeordnet waren. Es zeigten sich thrombosierte Gefässe, insbesondere auch Lymphgefässe in den interlobulären Septen, was zu Septenverbreiterungen infolge entzündlicher Ödeme führte.

4.5.1.5. Interstitielle Pneumonie

Bei einem Kalb waren makroskopisch nur geringgradige Veränderungen zu sehen. Es waren insgesamt 5.2 % des Lungenparenchyms von erhöhter Konsistenz, und zwar im Bereich der kranialen Spitzenlappen. Aufgrund der entzündlichen Veränderungen in den Alveolarwänden wurde die histologische Diagnose interstitielle Pneumonie gestellt. Aufgrund der pathologischen Befunde am gesamten Tier wurde hier eine bakterielle Septikämie als Ursache vermutet.

4.5.1.6. Bronchitis

Bei einem Kalb war die Konsistenz im gesamten Lungenparenchym nicht verändert. Es zeigten sich Entzündungen grösserer und mittlerer Bronchien ohne entzündliche Veränderungen in den Alveolen und leichtgradige Atelektasen.

4.5.2. Pathologisch-anatomische Untersuchungen: Tiergruppe B

Bei 3 Kälbern wurden an den kranialen Anteilen der Spitzenlappen herdförmige Bereiche mit erhöhter Konsistenz, Rötung und einer Grössenausdehnung von bis zu 2 cm Durchmesser festgestellt. Histologisch wurde eine akute katarrhalisch-eitrig Bronchopneumonie mit Atelektasen in den kranialen Anteilen der Spitzenlappen diagnostiziert. Die restlichen Lungenlappen waren unauffällig. Bei 4 Kälbern wurden an den Thoraxorganen keine pathologischen Befunde erhoben.

4.6. Zuordnung der Ultraschallbefunde zu den pathologischen Diagnosen

4.6.1. Kometenschweifartefakte

Kometenschweifartefakte kamen bei Kälbern mit unterschiedlichen pathologisch-anatomischen Diagnosen vor. Der Befund wurde bei 42 von 49 Lungenhälften mit Bronchopneumonie erhoben (Tab. 8). Davon lag bei 14 eine chronische und bei 28 Lungenhälften eine akute Bronchopneumonie vor. Bei 9 der 14 chronischen Bronchopneumonien waren makroskopisch Abszesse oder Bronchiektasien sichtbar. Weitere 4 Lungenhälften wiesen ein interstitielles Emphysem auf.

Bei 6 der 28 akuten Bronchopneumonien waren makroskopisch Abszesse oder Bronchiektasien sichtbar. Weitere 14 Lungenhälften wiesen ein interstitielles Emphysem, 10 davon sogar ein bullöses auf. Bei den Bronchopneumonien waren bei den veränderten Lungenbezirken keine Veränderungen an der Pleura zu sehen. Die Pleura war glatt. Die Kometenschweifartefakte entstanden bei Unebenheiten der Lungenoberfläche aufgrund von Atelektasen und Emphysembildung. Bei 22 von 26 Lungenhälften mit einem interstitiellen Emphysem wurden in der Ultraschalluntersuchung Kometenschweifartefakte dargestellt. Auch Bereiche mit Bronchiektasien wiesen bei der sonographischen Untersuchung Kometenschweifartefakte auf. Kometenschweifartefakte kamen auch bei 6 von 12 Lungenhälften mit fibrinöser Pleuropneumonie vor. Bei diesen Lungen war die Pleura durch Fibrinbeläge aufgeraut. Bei zwei Lungenhälften mit Pneumothorax konnten keine Kometenschweifartefakte festgestellt werden. Insgesamt konnten bei allen Kälbern, bei denen eine chronische Bronchopneumonie festgestellt wurde, Kometenschweifartefakte gesehen werden (Tab. 9). Bei Kälbern mit akuter Bronchopneumonie lagen Kometenschweifartefakte zu 90 % und bei Kälbern mit fibrinöser Pleuropneumonie zu 50 % vor.

Tab. 8: Vergleichende Darstellung der pathologischen Diagnosen und der Ultraschallbefunde bei 33 Kälbern der Tiergruppe A.

Pathologische Diagnosen: a Akut, c Chronisch, BP Bronchopneumonie, PP Pleuropneumonie, E Emphysem, bE Bullöses Emphysem, H Herdförmige eitrig-einschmelzung, A Abszess, P Pneumothorax, IP Interstitielle Pneumonie

Ultraschallbefunde: L Luftreflexe, LB Luftbronchogramm, K Kometenschweifartefakt, fB Fehlende Beweglichkeit der Pleura, E Erguss, S Spange, He Hepatisation, A Abszess, B Bronchiektasie, FB Flüssigkeitsbronchogramm

Kalb Nr.	Pathologie rechts	Ultraschall rechts	Pathologie links	Ultraschall links
1	aPP, E	K L LB	aPP, E	K L LB
2	aBP, bE	K L	aBP, bE	K
3	cBP, H	K	cBP, H	K LB
4	aBP, A	K L LB	aBP, H	L LB
5	aBP, E, P	fB	aBP, E	K
6	aBP, bE	K	aBP, bE	K
7	P	fB	aBP	K B
8	aBP, H, E	K L LB	aBP, H, E	fB
9	cBP, A, E	K L LB A	cBP, A, E	K L LB
10	aBP, H	K	aBP, H	K L
11	aBP, bE	L	aBP, bE	K
12	aPP, E	K L	aPP, E	K L LB
13	aBP	K L LB	aBP	K L
14	cBP	K L	cBP	K L
15	aBP, bE	K L B	aBP, bE	K L
16	aIP	K	aIP	K

Fortsetzung Tabelle 8

Kalb Nr.	Pathologie rechts	Ultraschall rechts	Pathologie links	Ultraschall links
17	aBP	K	aBP	K L
18	aBP	K L LB	cBP	K L LB
19	aBP	K LB	aBP	K
20	cBP, H	K L LB	cBP, H	LB
21	aPP	L	aPP	K L LB
22	aPP	-	aPP	-
23	cBP, E	K	cBP, E	K L LB
24	PP	FB E S He	PP	LB FB He
25	PP	B	PP	K L FB He
26	aBP, bE	K L LB	aBP, bE	K L LB
27	aBP, bE, A	K L	aBP, bE, A	K LB
28	aBP, E	LB	aBP, E	K LB FB
29	aBP, A	K L A	aBP	K L LB
30	cBP, A	K L He B	cBP	K L LB
31	cBP, H	K L LB	cBP, H	L LB FB
32	Bronchitis	K	Bronchitis	K
33	aBP	K	aBP	K

4.6.2. Luftreflexe

Luftreflexe konnten bei 28 von 49 Lungenhälften mit Bronchopneumonie festgestellt werden. Bei 16 akuten Bronchopneumonien wiesen 6 Abszesse oder Bronchiektasien und 8 Lungenhälften ein interstitielles Emphysem auf. Bei 12 chronischen Bronchopneumonien hatten ebenfalls 6 Abszesse oder Bronchiektasien und 3 Lungenhälften ein interstitielles Emphysem. Die veränderten Lungenbezirke wiesen vor allem Atelektasen auf.

Bei 6 von 12 Lungenhälften mit fibrinöser Pleuropneumonie wurden Luftreflexe dargestellt. Das Lungengewebe war in diesen Fällen stark verdichtet. Bei zwei Lungenhälften mit Pneumothorax konnten keine Luftreflexe festgestellt werden.

Luftreflexe entstanden in Bereichen, in denen die Lunge stark verdichtet war und lediglich vereinzelte Lufteinschlüsse dargestellt werden konnten.

Insgesamt lagen Luftreflexe bei Kälbern mit chronischer Bronchopneumonie zu 85.7 %, bei fibrinöser Pleuropneumonie zu 58.3 % und bei Kälbern mit akuter Bronchopneumonie zu 51.6 % vor.

4.6.3. Luftbronchogramm

Luftbronchogramme konnten bei 22 von 49 Lungenhälften mit Bronchopneumonie dargestellt werden. Bei 11 akuten Bronchopneumonien wiesen 6 ein interstitielles Emphysem und 4 Lungenhälften einen makroskopisch sichtbaren Abszess oder Bronchiektasien auf. Bei 11 chronischen Bronchopneumonien hatten 3 ein interstitielles Emphysem und 7 Lungenhälften einen makroskopisch sichtbaren Abszess oder Bronchiektasien. Luftbronchogramme entstanden in atelektatischen Bezirken, deren Bronchioli noch wenig Luft enthielten. Luftbronchogramme konnten bei keiner Lungenhälfte mit Pneumothorax dargestellt werden. Luftbronchogramme erschienen bei Kälbern mit chronischer Bronchopneumonie zu 78.6 %, bei solchen mit fibrinöser Pleuropneumonie zu 41.7 % und bei Kälbern mit akuter Bronchopneumonie zu 35.5 %.

4.6.4. Flüssigkeitsbronchogramm

Flüssigkeitsbronchogramme wurden bei je einer Lungenhälfte mit akuter bzw. chronischer Bronchopneumonie gesehen. Davon wies eine ein Emphysem auf. Bei 2 von 12 Lungenhälften mit fibrinöser Pleuropneumonie lagen ebenfalls Flüssigkeitsbronchogramme vor. Diese waren bei keiner Lungenhälfte mit Pneumothorax vorhanden. Flüssigkeitsbronchogramme waren durch sekretgefüllte Bronchioli in atelektatischem Lungenparenchym entstanden.

4.6.5. Erguss

Bei einer Lungenhälfte mit fibrinöser Pleuropneumonie konnte Flüssigkeit im Pleuraspalt dargestellt werden. Die Flüssigkeit stellte sich als echofreies Areal zwischen dem parietalen und dem viszerale Pleurablatt dar. Aufgrund eines Schallverstärkungseffektes trat das viszerale Pleurablatt als hyperechogene Zone hervor. Bei keiner anderen pathologischen Diagnose konnte dieser Befund festgestellt werden.

4.6.6. Spange

Bei einer Lungenhälfte mit fibrinöser Pleuropneumonie wurde eine Fibrinspange im Pleuraspalt mit einer Länge von 1.7 cm dargestellt. Die Spange stellte sich als hyperechogene Linie dar. Dieser Befund konnte sonst bei keiner anderen Lunge gesehen werden.

4.6.7. Hepatisation

Der Befund der Hepatisation wurde bei 3 von 12 Lungenhälften mit fibrinöser Pleuropneumonie und bei einer chronischen Bronchopneumonie erhoben. Die veränderten Lungenbezirke waren makroskopisch besonders stark verdichtet und stellten sich sonographisch als hypoechogen dar. Die Lungenabschnitte wiesen kaum noch Luftreflexe auf, da in diesen Bereichen fast keine Lufteinschlüsse mehr vorhanden waren. Dadurch konnten Flüssigkeitsbronchogramme gut gese-

hen werden. Bei einer Lunge mit fibrinöser Pleuropneumonie konnten die ödematisierten Septen dargestellt werden.

4.6.8. Bronchiektasie

In 4 Fällen wurden Bronchiektasien als Befund erhoben, in der Sektion lag bei den entsprechenden Lungenhälften nur in einem Fall ein Abszess vor. Bei 11 Lungenhälften wurden in der Sektion Bronchiektasien festgestellt, die bei der Ultraschalluntersuchung nicht als solche identifiziert wurden.

4.6.9. Abszess

Es wurden 2 Abszesse mittels Ultraschall diagnostiziert, die sich in der Sektion bestätigen liessen. Ein Abszess mit einem Durchmesser von 10 cm lag an der Lungenoberfläche, im kranialen Bereich des rechten Zwerchfellappens. Der zweite Abszess lag ebenfalls an der Lungenoberfläche, im kaudalen Anteil des rechten Spitzenlappens, sein Durchmesser betrug 3 cm.

In der Sektion wurden insgesamt bei 6 Lungenhälften Abszesse festgestellt. Der Durchmesser lag bei 1 bis 10 cm. Die durch den Ultraschall nicht erkannten Abszesse lagen alle im Spitzenlappenbereich und wiesen einen Durchmesser von 1 bis 7 cm auf. Mit einer Ausnahme lagen alle Abszesse an der Lungenoberfläche.

4.6.10. Fehlende Beweglichkeit der Pleura

Bei 3 Kälbern wurde zwischen dem viszeralem und dem parietalen Blatt der Pleura keine Beweglichkeit festgestellt. In 2 Fällen lag ein Pneumothorax und in einem Fall ein hochgradiges bullöses Emphysem vor.

Tab 9: Zuordnung der Ultraschallbefunde zu den pathologisch-anatomischen Diagnosen in Prozent (Mehrfachbefundung möglich), aBP Akute Bronchopneumonie, cBP Chronische Bronchopneumonie, fPP Fibrinöse Pleuropneumonie

Ultraschallbefunde	% pathologische Ultraschallbefunde		
	aBP(n = 31)	cBP (n = 14)	fPP (n = 12)
Kometenschweifartefakte	90	100	50
Luftreflexe	51.6	85.7	58.3
Luftbronchogramme	35.5	78.6	41.7
Flüssigkeitsbronchogramme	3.2	7.1	25
Fehlende Pleurabeweglichkeit	0	0	0
Erguss	0	0	8.3
Spange	0	0	8.3
Hepatisation	0	7.1	25
Abszess	3.2	7.1	0
Bronchiektasie	6.5	7.1	8.3

4.7. Vergleich der sonographisch feststellbaren Lungenkonsolidierungen mit der pathologisch-anatomischen Ausdehnung

Beim Vergleich der sonographisch darstellbaren Lungenkonsolidierungen mit den pathologisch-anatomisch feststellbaren Konsolidierungen der Zwerchfellappen konnte festgestellt werden, dass mit zunehmendem Konsolidierungsgrad in der Sektion auch der Grad von Ultraschallbefunden zunahm, die als Kriterien für Konsolidierung gewertet wurden. Auf der linken Thoraxseite wurden bei den Kälbern ohne Konsolidierungen an den Zwerchfellappen (Gruppe 1) im 6. Interkostalraum bei 6 von 8 Kälbern keine Konsolidierungen dargestellt (Tab. 10). In der Gruppe 2 hatte nur noch eines von 9 Kälbern normale Ultraschallbefunde. Im 7. Interkostalraum lagen in der Gruppe 1 bei allen Kälbern sonographisch keine Veränderungen vor (Tab. 11). In der 2. Gruppe hatten 6 von 9 Kälbern Verände-

rungen. Auf der rechten Thoraxseite wurden bei den Kälbern ohne Konsolidierungen an den Zwerchfellappen (Gruppe 1) im 6. Interkostalraum in 7 von 13 Fällen keine Anzeichen von Konsolidierung festgestellt (Tab. 12). Im 7. Interkostalraum waren es 11 von 13 Kälbern ohne Konsolidierungen (Tab.13). In den Gruppen 2 bis 4 zeigte jeweils nur noch ein Kalb sonographisch keine Anzeichen für Konsolidierungen.

Die durchschnittliche prozentuale Ausdehnung von sonographisch darstellbaren Konsolidierungen nahm auf der linken Thoraxseite im 6. Interkostalraum in den Gruppen 1 bis 4 zu (Tab. 14). Bei den Kälbern der Gruppe 1 waren 9.3 % verändert und in der Gruppe 4 waren 75.7 % verändert. Im 7. Interkostalraum waren in der Gruppe 3 nur 2 Kälber, bei diesen konnten sonographisch keine Veränderungen festgestellt werden. Auf der rechten Thoraxseite nahm die Ausdehnung der Veränderungen im 6. und im 7. Interkostalraum in den Gruppen 1 bis 4 ebenfalls zu (Tab. 15). In der Gruppe 4 lag die prozentuale Ausdehnung im 6. Interkostalraum niedriger als in den Gruppen 2 und 3. In dieser Gruppe sind jedoch nur 3 Tiere vertreten.

Tab. 10: Zuordnung der Kälber mit und ohne sonographisch feststellbare Veränderungen im 6. Interkostalraum zu den Konsolidierungsgraden auf der linken Thoraxseite, bei 25 Kälbern der Tiergruppe A.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1 - 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppe	Anzahl Kälber	Ultraschall normal	Ultraschall Konsolidierungen
1	8	6	2
2	9	1	8
3	5	0	5
4	3	1	2

Tab. 11: Zuordnung der Kälber mit und ohne sonographisch feststellbare Veränderungen im 7. Interkostalraum zu den Konsolidierungsgraden auf der linken Thoraxseite, bei 25 Kälbern der Tiergruppe A.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1 – 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppe	Anzahl Kälber	Ultraschall normal	Ultraschall Konsolidierungen
1	8	8	0
2	9	3	6
3	2	2	0
4	6	2	4

Tab. 12: Zuordnung der Kälber mit und ohne sonographisch feststellbare Veränderungen im 6. Interkostalraum zu den Konsolidierungsgraden auf der rechten Thoraxseite, bei 24 Kälbern der Tiergruppe A.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1 – 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppe	Anzahl Kälber	Ultraschall normal	Ultraschall Konsolidierungen
1	13	7	6
2	5	1	4
3	3	0	3
4	3	2	1

Tab. 13: Zuordnung der Kälber mit und ohne sonographisch feststellbare Veränderungen im 7. Interkostalraum zu den Konsolidierungsgraden auf der rechten Thoraxseite, bei 24 Kälbern der Tiergruppe A.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1 – 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppe	Anzahl Kälber	Ultraschall normal	Ultraschall Konsolidierungen
1	13	11	2
2	5	1	4
3	3	1	2
4	3	1	2

Tab. 14: Prozentuale Ausdehnung von sonographisch festgestellten Konsolidierungen auf der linken Thoraxseite bei 25 Kälbern der Tiergruppe A, nach Konsolidierungsgrad in 4 Gruppen unterteilt.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1– 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppen	Interkostalraum 6		Interkostalraum 7	
	n Kälber	% verändert	n Kälber	% verändert
1	8	9.3 ^a	8	0.0 ^e
2	9	44.7 ^b	9	28.6 ^f
3	5	61.8 ^c	2	0.0 ^g
4	3	75.7 ^d	6	43.8 ^h

a : d und e : h $P < 0.05$, Bonferroni-Test

Tab. 15: Prozentuale Ausdehnung von sonographisch festgestellten Konsolidierungen auf der rechten Thoraxseite bei 24 Kälbern der Tiergruppe A, nach Konsolidierungsgrad in 4 Gruppen unterteilt.

Gruppe 1 = 0 % der Zwerchfellappen pathologisch-anatomisch verändert

Gruppe 2 = 1 – 20 % verändert

Gruppe 3 = 20 – 30 % verändert

Gruppe 4 = 30 – 50 % verändert

Gruppen	Interkostalraum 6		Interkostalraum 7	
	n Kälber	% verändert	n Kälber	% verändert
1	13	15.5 ^a	13	2.9 ^e
2	5	44.6 ^b	5	14.9 ^f
3	3	70.1 ^c	3	17.5 ^g
4	3	22.2 ^d	3	34.8 ^h

a : c und a : d $P < 0.05$, Bonferroni-Test

4.8. Bakteriologische Untersuchungen

In den veränderten Spitzenlappen wurden 10-mal *Arcanobacterium pyogenes*, je 3-mal *Mannheimia haemolytica* bzw. *Mycoplasma bovis*, 2-mal *Haemophilus somnus* und einmal pasteurellaähnliche Keime nachgewiesen. In je 6 Fällen war der Keimgehalt unspezifisch bzw. war kein bakterielles Wachstum nachweisbar.

Arcanobacterium pyogenes wurde 4-mal bei einer akuten Bronchopneumonie, 3-mal bei einer chronischen Bronchopneumonie und 2-mal bei einer akuten Pleuropneumonie nachgewiesen. Mykoplasmen wurden 2-mal bei einer akuten und einmal bei einer chronischen Bronchopneumonie nachgewiesen. *Mannheimia haemolytica* wurde 3-mal bei einer fibrinösen Pleuropneumonie nachgewiesen und bei einer Lunge mit Pleuropneumonie wurden pasteurellaähnliche Keime gefunden. *Haemophilus somnus* wurde bei zwei Lungen mit akuter Bronchopneumonie festgestellt. Bei 5 Kälbern mit akuter Bronchopneumonie und einem Kalb mit Sepsis war lediglich ein unspezifischer Keimgehalt vorhanden. Die bakterio-

logische Untersuchung ergab bei 5 Lungen keinen Nachweis von Bakterien. Davon wurde bei 2 Lungen eine akute, bei 2 eine chronische Bronchopneumonie und bei einer Lunge wurde histologisch eine leichtgradige Peribronchitis diagnostiziert.

5. DISKUSSION

5.1. Beurteilung der sonographischen Befunde an Pleura und Lunge

Die Lunge konnte in den Interkostalräumen 4 bis 11 bei allen Kälbern dargestellt werden und war deshalb in diesem Bereich am besten zugänglich. In diesen Interkostalräumen waren Pleura und Lunge immer sichtbar. Die Ausdehnung der Lunge war auf beiden Thoraxseiten im 7. Interkostalraum am grössten, ab dem 6. Interkostalraum wurde das Lungenfeld nach kranial von der Schulter überdeckt. Das präskapuläre Lungenfeld liess sich aufgrund der darüber liegenden Haut- und Muskelschichten nicht darstellen.

Die Pleura stellte sich im Normalfall als hyperechogene Linie dar, wie dies auch beim Pferd (RANTANEN et al., 1981) und beim Rind (SICHER, 1995) beschrieben worden ist. Pleura visceralis und Pleura parietalis können also beim gesunden Kalb nicht getrennt voneinander dargestellt werden. Bei einem Kalb befand sich Flüssigkeit im Pleuralspalt, so dass der Pleuralspalt deutlich erweitert war. Zusätzlich waren bei diesem Kalb Fibrinspangen auf der Pleura sichtbar. Die bei diesem Kalb sonographisch gestellte Diagnose einer fibrinösen Pleuropneumonie wurde in der Biopsie bestätigt. Bei 2 Kälbern konnte die Verschieblichkeit der Pleurablätter infolge eines Pneumothorax nicht dargestellt werden.

5.2. Beurteilung der Lungenbiopsien und deren Entnahme

Die Lokalisationen für die Biopsieentnahmen wurden mittels Ultraschall bestimmt, hierbei wurde auf die Darstellbarkeit der Lunge und auf vorhandene pathologische Veränderungen geachtet. BRAUN et al. (1999) beschrieben als Standardlokalisation zur Lungenbiopsie den 9. Interkostalraum und bezogen sich dabei auf die von SICHER (1995) durchgeführten Messungen. Im 9. Interkostalraum konnte in jedem Fall Lunge dargestellt werden, wie auch bei diesen Untersuchungen. Da die Lungenerkrankungen beim Rind in der Regel von den Spitzenlappen ausgehen und sich von kranioventral nach kaudal ausdehnen, wurden in

der vorliegenden Arbeit als Lokalisationen zur Lungenbiopsie je nach Ausmass der sonographisch feststellbaren Veränderungen die Interkostalräume 4 bis 8 gewählt. Die Kälber waren tief sediert, so dass sie auf der Seite mit vorgestreckter Vordergliedmasse gelagert werden konnten. Bei der Sektion konnten keine relevanten Folgen der Biopsie, wie Hämothorax oder Pneumothorax beobachtet werden. Es war bei jeder Biopsieentnahme nur ein Versuch nötig, um eine Biopsie zu erlangen, die makroskopisch als brauchbar zu beurteilen war. 100 % der Proben waren histologisch auswertbar.

Die Entnahme von Lungenbiopsien stellt bei diesen Untersuchungen, wie beim adulten Rind und beim Schaf beschrieben (BRAUN et al., 1999), eine sichere Methode zur Diagnostik von Lungenerkrankungen beim Kalb dar.

5.2.1. Vergleich der Lungenbiopsien mit postmortal untersuchtem Lungengewebe

Insgesamt wurden 16 Lungenbiopsien unter Ultraschallkontrolle aus pneumonisch veränderten Bereichen entnommen und aus den entsprechenden Lungenlappen wurden Gewebestücke histologisch untersucht. Bei 13 von 16 Biopsien konnte die bioptische Diagnose bestätigt werden. In 2 Fällen stimmte die Qualität der Pneumonie überein, aber die Veränderungen wurden fälschlicherweise als akut anstatt als chronisch interpretiert. In einem Fall wurde eine fibrinöse Pleuropneumonie nicht als solche erkannt. Eine Erklärung für die Fehlinterpretationen kann sein, dass mittels ultraschallgestützter Biopsie die kranialen Anteile der Spitzenlappen, wo das Krankheitsgeschehen eigentlich beginnt, nur schwer erreicht werden können. Das Kalb mit der nicht als solche erkannten fibrinösen Pleuropneumonie ist in einem sehr frühen Stadium biopsiert worden, so dass die richtige Diagnosestellung erschwert war. Insgesamt vermittelten die Biopsien einen guten Eindruck über das tatsächliche Geschehen in den veränderten Lungen.

5.3. Beurteilung der pathologischen Befunde

Bei allen Kälbern der Tiergruppe A wurde eine Form von Pneumonie diagnostiziert. Das Verteilungsmuster von katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien und fibrinösen Pleuropneumonien breitete sich von kranioventral nach kaudodorsal aus. Betroffen waren vor allem die Spitzenlappen und der Mittellappen. Mit zunehmender Ausdehnung waren auch die Zwerchfelllappen betroffen. Um die entzündlichen Herde kann normales, emphysematöses oder atelektatisches Lungengewebe liegen (DAHME und WEISS, 1999). Bei den akuten katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien mit viraler Ursache bildet sich in der ersten Phase eine nekrotisierende Bronchiolitis. Dieser Befund konnte bei den histologischen Untersuchungen bestätigt werden. Als Folge der Bronchiolitis kommt es zur Verlegung des Lumens und zur Atelektase der zugehörigen Alveolen (DAHME und WEISS, 1999). Hierbei entsteht eine erste Verdichtung des Lungenparenchyms. Bei der chronischen katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonie, nach bakterieller Sekundärinfektion, entsteht dann vermehrt Exsudat. Es kommen vermehrt flüssigkeitsgefüllte Bronchioli vor.

Als Komplikation von katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien wurden Bronchiektasien und Abszesse festgestellt. Die genaue Differenzierung war bei unseren Kälbern oft erst durch die histologische Untersuchung möglich. Als Bronchiektasien wurden ballonartig dilatierte, mit eitrigem Exsudat angefüllte Bronchien angesehen. Histologisch liess sich eine Bronchialwand um den eitrigen Herd nachweisen. Abszesse wurden zum Teil erst histologisch anhand der Abszesskapsel identifiziert. Fibrinöse Pleuropneumonien zeichneten sich durch zum Teil sehr kompaktes Gewebe und Septenverbreiterungen infolge entzündlicher Ödeme aus. Die exsudative Füllung der Alveolen schuf die pathophysiologischen Voraussetzungen für die sonographische Darstellbarkeit der Lunge. Dies war in dieser Studie bei 45 von 66 Lungenhälften im für die Sonographie zugänglichen Bereich der Fall.

5.4. Vergleichende Beurteilung der Ultraschallbefunde und der pathologisch-anatomischen Befunde

5.4.1. Kometenschweifartefakte

Kometenschweifartefakte konnten bei Kälbern mit unterschiedlichen Diagnosen dargestellt werden. Dieser Befund konnte bei allen Pneumonief Formen und bei sämtlichen Komplikationen erhoben werden. Beim Pneumothorax waren keine Kometenschweifartefakte sichtbar. Bei einer kollabierten Lunge kann die Lungenoberfläche nicht dargestellt werden, das heisst, dass das Vorliegen von Kometenschweifartefakten eine ausgedehnte Lunge nachweist. Dies bestätigt die Ansicht von TARGHETTA (1993), der die sonographischen Anzeichen für einen Pneumothorax beim Menschen beschrieb. Kometenschweifartefakte stellen keinen spezifischen Indikator für einen bestimmten pathologischen Zustand dar. Sie werden bei alveolären Emphysemen an der Lungenoberfläche, bei kleinen Abszessen mit Gaseinschlüssen (BRAUN, 1997) und bei Lungenödemen (LICHTENSTEIN und AXLER, 1993) beschrieben. Dies sind Befunde, die bei allen Pneumonief Formen in dieser Studie vorkamen. Bei hochgradigen Konsolidierungen bzw. Hepatisation konnten keine Kometenschweifartefakte dargestellt werden. Ab einem gewissen Konsolidierungsgrad können keine Kometenschweifartefakte mehr entstehen, weil der Luftgehalt im Lungenparenchym zu gering ist. Bei den gesunden Kälbern der Tiergruppe B wurden keine Kometenschweifartefakte gefunden. Aus dieser Studie geht hervor, dass Kometenschweifartefakte nur bei Kälbern mit Lungenveränderungen auftraten.

In geringer Anzahl werden Kometenschweifartefakte auch als Nebenfund angesehen (RANTANEN, 1998). Kometenschweifartefakte sind als Befund für die Beurteilung einer Prognose weniger geeignet. Als alleiniger Befund können sie zwar schon bei geringgradigen Veränderungen auftreten, aber bei schwerwiegenden Parenchymveränderungen treten sie mit weiteren Befunden auf, die für die Prognosestellung bedeutender sind.

5.4.2. Luftreflexe

Luftreflexe wurden nur bei Lungen mit Konsolidierungen gefunden. Dieser Befund wurde bei katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien und bei fibrinösen Pleuropneumonien erhoben. Luftreflexe können als Indikator für Konsolidierungen angesehen werden, was prognostisch von Bedeutung ist. Beim Auftreten von Luftreflexen kann also davon ausgegangen werden, dass in den entsprechenden Lungenbezirken pneumonische Veränderungen mit Konsolidierungen vorhanden sind. Diese Meinung wird auch von anderen Autoren geteilt (ACUNAS et al., 1989; KROEGEL und REISSIG, 2000). Bei hochgradigen Konsolidierungen im Sinne einer Hepatisation fanden sich keine Luftreflexe mehr.

5.4.3. Luftbronchogramme

Luftbronchogramme sind durch Konsolidierung des umgebenen Lungenparenchyms darstellbar. Sie kommen bei Pneumonien und nach KROEGEL und REISSIG (2000) auch bei Lungenödemen vor, werden aber nicht einer spezifischen Erkrankung zugeordnet. Dieser Befund wurde auch in dieser Studie bei allen Pneumonieformen erhoben. Bei hochgradiger Konsolidierung konnten keine Luftbronchogramme festgestellt werden. Hier gilt, wie auch bei den Luftreflexen, dass das betroffene Lungenparenchym zu wenig belüftet war. Dieser Befund ist also ebenfalls typisch für einen bestimmten Belüftungsgrad der Lungenareale.

5.4.4. Flüssigkeitsbronchogramme

Flüssigkeitsbronchogramme wurden insgesamt nur 4-mal dargestellt, wobei alle Pneumonieformen davon betroffen waren. KROEGEL und REISSIG (2000) empfahl zur Absicherung der richtigen Befunderhebung eine dopplersonographische Differenzierung von Gefäßen. RANTANEN (1998) beschrieb Flüssigkeitsbronchogramme im Zusammenhang mit hochgradigen Lungenkonsolidierungen beim Pferd. YANG et al.(1992) beschrieben das Vorkommen von Flüssigkeitsbronchogrammen beim Menschen. Er stellte diesen Befund ebenfalls bei hochgradigen

Konsolidierungen fest. Auch in der vorliegenden Studie konnten Flüssigkeitsbronchogramme zusammen mit Lungenkonsolidierungen gesehen werden. Ein Flüssigkeitsbronchogramm kann also als ein Hinweis für eine Konsolidierung gewertet werden, was prognostisch von Wichtigkeit ist.

5.4.5. Hepatisation

Bei hochgradiger Konsolidierung sind Lufteinschlüsse oder Luftbronchogramme seltener, weil hier die Luft vollständig resorbiert wird. Das sonographische Erscheinungsbild der Lunge erinnert an das der Leber und wurde als sogenannte Hepatisation des Lungenparenchyms beschrieben (GORG et al., 1995). Dieser Befund konnte in 3 von 12 Lungenhälften mit einer fibrinösen Pleuropneumonie erhoben werden. In einem Fall trat dieser Befund auch bei einer chronischen katarhalisch-eitrigen Bronchopneumonie auf. Das Erscheinungsbild der Hepatisation schien bei der fibrinösen Pleuropneumonie häufiger aufzutreten, weil es hier durch Fibrinergüsse, massive Entzündungszellinfiltrate und Parenchymnekrosen zu einer extremen Verfestigung des Gewebes kam, ebenfalls vergleichbar mit der Konsistenz der Leber. Der Befund wurde aber auch bei einer chronischen katarhalisch-eitrigen Bronchopneumonie erhoben und steht somit bei dieser Studie nicht eindeutig für eine Pleuropneumonie. Hier muss dieser Befund im Zusammenhang mit Pleuraveränderungen gesehen werden. Das Auftreten dieses Befundes lässt auf jeden Fall auf hochgradig verändertes Lungengewebe schliessen.

5.4.6. Abszesse und Bronchiektasien

Makroskopisch sichtbare Abszesse und Bronchiektasien wurden gemeinsam beurteilt. Es konnten 2 Abszesse mittels Sonographie diagnostiziert werden, davon lag einer im Zwerchfellappen. YANG et al. (1991), BRAUN (1997) und KROEGEL und REISSIG (2000) setzten für die Darstellbarkeit von Abszessen voraus, dass diese an der Lungenoberfläche liegen. In dieser Studie lagen alle sonographisch nachgewiesenen Abszesse an der Lungenoberfläche. Abszesse, die von gut belüf-

tetem Lungengewebe umgeben sind, können nach RANTANEN (1986) nicht dargestellt werden. Er empfahl zur sicheren Diagnostik zusätzlich die Radiologie. REEF (1998) beschrieb, dass Abszesse, die über der Herzbasis liegen oder sich mit Abdominalorganen überlagern, eher der Sonographie als der Radiologie zugänglich sind. Ein weiteres Problem der Darstellung von Abszessen war die Lokalisation an den Lungenlappen. Abszesse und Bronchiektasien, die im Spitzenlappenbereich lagen, konnten nicht dargestellt werden. RANTANEN (1986) beschrieb den Inhalt von Abszessen als flüssig, was sich hypoechogen darstellt, und eventuell mit Gaseinschlüssen, die hyperechogene Reflexe hervorrufen. REEF (1998) beschrieb zusätzlich die unterschiedlich ausgeprägte Abszesskapsel, die sich mehr oder weniger hyperechogen vom umgebenden Gewebe und dem Abszessinhalte abhebt. In dieser Studie konnten die Abszesse an der hyperechogenen Kapsel und dem eher heterogenen Inhalt erkannt werden.

5.4.7. Fehlende Beweglichkeit der Pleura

In 2 Fällen wurde sonographisch aufgrund fehlender Pleurabeweglichkeit ein Pneumothorax diagnostiziert. In beiden Fällen lag eine akute katarrhalisch-eitrige Bronchopneumonie mit ausgeprägtem bullösem Emphysem vor. Beim Pneumothorax wurden keine anderen sonographischen Befunde erhoben. Das bestätigt die Untersuchungen von WERNECKE et al. (1989), der einen Pneumothorax durch das Fehlen von Pleurabewegungen und Kometenschweifartefakten nachwies. Ein Pneumothorax kann nur im bewegten Bild diagnostiziert werden, weil das Standbild dem der normalen Lunge entspricht. Dies bestätigt die Ausführungen von RANTANEN (1986, 1998) und TARGHETTA et al. (1993), die die gleichen Befunde für einen Pneumothorax beim Pferd bzw. beim Menschen beschrieben. Bei einer Lunge mit sehr ausgeprägtem interstitiellem Emphysem war die Beweglichkeit der Lunge eingeschränkt, was dazu führte, dass sich die Pleurablätter bei der Atmung nicht gegeneinander verschoben.

5.4.8. Befunde bei fibrinöser Pleuropneumonie

Neben den sonographischen Befunden, die bei verschiedenen Pneumonieformen erhoben wurden, sind Pleuraergüsse und Fibrinspangen typische Befunde für eine fibrinöse Pleuropneumonie. Diese Befunde kamen bei 12 Lungenhälften mit fibrinöser Pleuropneumonie nur einmal vor. Bei 4 Kälbern lag jedoch eine akute fibrinöse Pleuropneumonie vor, die nur die Spitzenlappen betraf und bei denen sich noch kein Pleuraerguss entwickelt hatte. Die Veränderungen lagen hauptsächlich im sonographisch nicht zugänglichen Bereich. Eine fibrinöse Pleuropneumonie ist nur im fortgeschrittenen Stadium sonographisch zu diagnostizieren, wenn die sonographisch untersuchbaren Lungenbereiche in typischer Form verändert sind.

5.4.9. Konsolidierungsgrade

In dieser Studie hat sich gezeigt, dass bestimmte Befunde mit dem Vorliegen von Lungenkonsolidierungen im Zusammenhang standen. RABELING et al. (1998) unterschieden das sonographische Muster nach dem Grad der Körnung. Für die praktische Anwendung erscheint die Zuordnung von Befunden jedoch objektiver. Bei unterschiedlichen Konsolidierungsgraden wurden unterschiedliche sonographische Muster festgestellt. Diese Erkenntnis deckt sich mit der von REEF (1998), welche einen konsolidierten Lungenbezirk als eine hypoechogene Zone definierte, die anatomische Strukturen der Lunge erkennen lässt. Zu diesen Strukturen wurden als sonographische Befunde Luftbronchogramme, Flüssigkeitsbronchogramme, Gefässe und unregelmässige Luftreflexe zugeordnet. Bei kleinen oberflächlichen Konsolidierungen traten in der vorliegenden Studie Kometenschweifartefakte auf, die unterhalb des Pleurabandes entstanden. Dabei konnten bereits Luftreflexe vorhanden sein. Dies wurde auch von RANTANEN (1998) beim Pferd beschrieben. REEF (1998) beschrieb bei der Lunge des Pferdes als erste Anzeichen von leichtgradigen Konsolidierungen eine leichte Unregelmässigkeit der Pleuroberfläche mit der Bildung von Kometenschweifartefakten. Bei

zunehmender Konsolidierung traten vermehrt Luftreflexe und Luftbronchogramme auf. Sie wurden sichtbar, weil die pneumonischen Prozesse tiefer reichten. Mit abnehmender Belüftung der Lungenbezirke konnten vermehrt Flüssigkeitsbronchogramme festgestellt werden. Im Stadium der Hepatisation war die Lunge so wenig belüftet, dass Kometenschweifartefakte, Luftreflexe und Luftbronchogramme nicht mehr entstehen konnten. Diese Feststellungen wurden auch von RANTANEN (1998) und REEF (1998) beim Pferd erhoben.

5.4.10. Vergleichende Beurteilung der Ausdehnung von Lungenkonsolidierungen bei der sonographischen und pathologisch-anatomischen Untersuchung

In der vorliegenden Untersuchung wurden bei der sonographischen Untersuchung der Lungen die Ausdehnungen sowohl des Lungenfeldes als auch der pathologischen Veränderungen im Bereich der darstellbaren Lungenbezirke für jeden Interkostalraum vermessen. In der Sektion wurde mittels eines Rasters der prozentuale Anteil veränderten Lungengewebes für jeden Lungenlappen ermittelt. Da bei allen Lungen das identische Ausbreitungsmuster der Pneumonie vorlag, konnte davon ausgegangen werden, dass der Anteil des pathologisch veränderten Lungengewebes sowohl im Ultraschall als auch in der Sektion nach kaudal abnehmen würde. Um einen Hinweis zu finden, ob ein sonographisch gemessener Wert einem bestimmten Ausdehnungsgrad in der Sektion zuzuordnen war, wurden die Lungen in Gruppen aufgeteilt. Die Gruppen wurden nach Ausdehnungsgrad der Veränderungen in den Zwerchfelllappen unterteilt und mit den dazugehörigen Messungen der sonographischen Untersuchung verglichen. Es konnte festgestellt werden, dass der Grad der Veränderungen in den Interkostalräumen 6 und 7 signifikante Unterschiede im Vergleich der verschiedenen Gruppen aufwies, was eine Aussage über den Zustand des Zwerchfelllappens zulässt. Liegen im 6. und 7. Interkostalraum keine Veränderungen vor, spricht das dafür, dass sich die Pneumonie noch nicht auf den entsprechenden Zwerchfelllappen ausgebreitet hat.

5.5. Möglichkeiten und Grenzen der Diagnostik von Bronchopneumonien mittels Ultraschalluntersuchung beim Kalb

Die Sonographie ist ein wertvolles Mittel zur Beurteilung der Lunge und lässt eine gezielte und risikoarme Probenentnahme aus veränderten Lungenbezirken zu. Die sonographischen Befunde erlauben Rückschlüsse auf ein pathologisches Geschehen in der Lunge. Komplikationen von Bronchopneumonien wie Abszesse und das Übergreifen der Entzündung auf die Pleura können sonographisch dargestellt werden. Dem Zugang zur Lunge sind jedoch anatomische Grenzen gesetzt. Der rechte Spitzenlappen liegt weit kranial und lagert sich fast um das Herz herum auf die linke Seite und ist damit der Sonographie kaum zugänglich. Bei 4 Lungenhälften konnten ausser vereinzelt Kometenschweifartefakten keine Befunde erhoben werden, die für eine Bronchopneumonie mit Konsolidierung gesprochen hätten. In der Sektion waren jedoch an den Spitzenlappen der entsprechenden Lungen Konsolidierungen zu erkennen. Bei 3 Kälbern der Tiergruppe B lagen bis zu 2 cm grosse pneumonische Herde vor, die der Sonographie verborgen blieben.

Aus dem gleichen Grund konnten in dieser Untersuchung nur wenige Abszesse oder Bronchiektasien erkannt werden. Zusätzlich zur Lage ist die Darstellbarkeit von Abszessen natürlich auch abhängig von der Lokalisation, besonders der Tiefe im Parenchym, also dem Abstand zur Thoraxwand. Auch die Dichte des umgebenden Gewebes kann die Darstellbarkeit von Abszessen oder Bronchiektasien beeinflussen.

Für die prognostische Aussagekraft der sonographischen Untersuchung der Lunge müssen zwei Kriterien berücksichtigt werden. Das eine ist die Qualität der Veränderungen. Hier bietet die Sonographie gute Möglichkeiten, und es konnten in dieser Arbeit auch Indizien für bestimmte Pneumonietypen erhoben werden, wie bei der fibrinösen Pleuropneumonie, die mit Pleuraerguss, Fibrinauflagerungen und hochgradigen Konsolidierungen einhergeht. Kriterien für die Unterscheidung von akuten und chronischen katarrhalisch-eitrigen Bronchopneumonien konnten nicht

ermittelt werden. Bei beiden Typen konnten die gleichen Befunde erhoben werden. Zur Interpretation und Überprüfung der Aussagekraft der Sonographie war hier die Sektion ein sehr guter Standard.

Das zweite Kriterium für die Beurteilung der Prognose von Bronchopneumonien ist die Ausdehnung der Veränderungen. Dieser Punkt birgt mehrere Probleme. Zum einen handelt es sich bei der Sonographie um eine zweidimensionale Darstellung dreidimensionaler Prozesse. Zum anderen ist es schwer, einen Standard zu finden, an dem die gemessenen Werte überprüft werden können. Bei der Eröffnung des Thorax in der Sektion kollabiert die Lunge und stellt sich räumlich völlig anders als in situ dar. Es kommt also beim Vergleich einer sonographisch gemessenen Ausdehnung in den einzelnen Interkostalräumen und der Messung von Veränderungen an der kollabierten Lunge zu vielen Fehlerquellen. Für weitere Untersuchungen wäre es interessant, verschiedene Gruppen mit unterschiedlichem Ausdehnungsgrad beziehungsweise klinisch unterschiedlich ausgeprägter Bronchopneumonie zu untersuchen und zu vergleichen. Als Referenzmethode zur Vermessung von Läsionen in situ könnte die Computertomographie ein möglicher Standard sein. Ein Vergleich von Ultraschall und Computertomographie wurde auch beim Menschen für die Lungendiagnostik empfohlen (ANZBÖCK et al., 1990). Es müssen anerkannte Referenzmethoden zur Beurteilung des Schweregrades gefunden und parallel untersucht werden. Bisher wurde in keiner vergleichbaren Studie eine Verlaufsuntersuchung angestellt, um eventuelle Veränderungen der Befunde zu beschreiben.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Dissertation verfolgte drei Ziele. Erstens sollten die Ultraschallbefunde bei Kälbern mit Bronchopneumonie beschrieben und mit den Befunden der Sektion verglichen werden. Zweitens sollte die Ausdehnung der Lunge und der pathologischen Veränderungen in jedem Interkostalraum vermessen und überprüft werden, ob diese Werte mit der tatsächlichen Ausdehnung der Lungenveränderungen in der Sektion in einen Zusammenhang gebracht werden können. Drittens sollten unter Ultraschallkontrolle gezielte Lungenbiopsien entnommen und deren Zuverlässigkeit in der Diagnostik von Lungenerkrankungen beim Kalb getestet werden.

Für die Untersuchungen standen 33 Kälber mit Bronchopneumonie und 7 gesunde Schlachtkälber zur Verfügung. Die Tiere wurden nach der klinischen Untersuchung sonographisch untersucht und im Anschluss daran wurden die Thoraxorgane seziert und die einzelnen Lungenlappen histologisch untersucht. Die Befunde der Ultraschalluntersuchung und diejenigen der Sektion wurden bezüglich ihrer Qualität und der Ausdehnung verglichen.

Die Lunge konnte bei allen Kälbern in den Interkostalräumen 4 bis 11 dargestellt werden. Die Ausdehnung der Lunge unterschied sich zwischen gesunden und kranken Kälbern nicht signifikant. Bei der Ultraschalluntersuchung der Kälber konnten 25 Bronchopneumonien, eine fibrinöse Pleuropneumonie und in 2 Fällen ein Pneumothorax diagnostiziert werden. Der Kometenschweifartefakt war der am häufigsten erhobene Ultraschallbefund. Er kann einer spezifischen Veränderung an der Lunge am wenigsten zugeordnet werden. Ultraschallbefunde wie Luftreflexe, Luftbronchogramme, Flüssigkeitsbronchogramme waren Hinweise für eine Konsolidierung des Lungengewebes und kamen bei verschiedenen Pneumonietypen vor. Komplikationen von Bronchopneumonien wie Abszesse sowie spezifische Befunde für eine fibrinöse Pleuropneumonie, wie Fibrinspan-

gen und Ergüsse konnten mittels Ultraschall festgestellt werden. Die Korrelate aus Ultraschall und Sektion wurden bildlich dargestellt.

Die Ausbreitung der Lungenveränderungen im Ultraschall unterschied sich nicht signifikant zwischen den verschiedenen Pneumonietypen. Die Ausdehnung der Veränderungen im 6. und 7. Interkostalraum lässt eine Aussage über die Beteiligung der Zwerchfellappen zu.

7. SUMMARY

This study was carried out with three aims in mind: The first of these was to describe the ultrasound findings of calves with bronchopneumonia, and compare these with the findings at autopsy. Secondly, the extension of the lung boundaries and pathological changes visible in each intercostal space were measured and compared to the actual extent of the pathological changes seen at autopsy. The third aim was to take biopsies of the lung under ultrasonic control and to test the reliability of this method as an aid in the diagnosis of pulmonary disease in calves.

The study was performed with 33 calves with bronchopneumonia and 7 healthy calves for slaughter. They were subjected to a thorough clinical examination, and the thorax of each calf was sonographically evaluated. After euthanasia or slaughter, the organs of the thorax were autopsied, and the lungs were examined histologically. The type and extent of the lesions seen ultrasonically and at autopsy were compared. We were able to show that the lungs of all calves could be visualised from the 4th to the 11th intercostal space. The extension of the caudal lung borders did not differ significantly between calves with bronchopneumonia and healthy animals. The ultrasonic examination revealed 25 calves with bronchopneumonia, 1 with fibrous pleuropneumonia and 2 calves with a pneumothorax. The comet-tail artefact was the most common ultrasonic finding, it is also the most unspecific, and therefore most difficult to accord to a specific lesion in the lungs. Ultrasound findings such as air reflexes, air bronchograms and fluid bronchograms suggested consolidation of the lung tissue, and were seen in conjunction with different types of pneumonia. Possible complications arising from bronchopneumonia such as abscess formation as well as pleural effusion and fibrous adhesions typically seen in fibrous pleuropneumonia could be clearly seen by ultrasound. The correlations between ultrasound and autopsy findings were illustrated. The extent of pathological changes seen by ultrasound in the lungs, did not differ

significantly between the different types of pneumonia. The extent of the lesions seen in the 6th and 7th intercostal space enabled a prediction about the likelihood of participation of the diaphragmatic lobe.

8. LITERATURVERZEICHNIS

ACUNAS, B., L. CELIK and A. ACUNAS (1989): Chest sonography - differentiation of pulmonary consolidation from pleural disease. *Acta Radiol.* 30, 273-275.

ANZBÖCK, W., K. STELLAMOR, U. BRAUN und W. HRUBY (1990): Die Sonographie der Lunge und Pleura. *Fortschr. Röntgenstr.* 153, 278-282.

BINDER, A., G. AMTSBERG, S. DOSE, W. FISCHER, H. SCHOLZ und H. KIRCHHOFF (1990): Untersuchung von Rindern mit respiratorischen Erkrankungen auf Mykoplasmen und bakterielle Bronchopneumonieerreger. *J. Vet. Med. B* 37, 430-435.

BRAUN, U. (1997): Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind. Parey Buchverlag, Berlin.

BRAUN, U., U. ESTERMANN, K. FEIGE, T. SYDLER and A. POSPISCHIL (1999): Percutaneous lung biopsy in cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 215, 679-681.

BRAUN, U., U. ESTERMANN, M. FLÜCKIGER, T. SYDLER and A. POSPISCHIL (2000): Ultrasound-guided percutaneous lung biopsy in sheep. *Vet. Rec.* 146, 525-528.

BRAUN, U., M. FLÜCKIGER, D. SICHER and D. THEIL (1995): Suppurative pleuropneumonia and a pulmonary abscess in a ram - ultrasonographic and radiographic findings. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 137, 272-278.

BRAUN, U., N. PUSTERLA and M. FLÜCKIGER (1997): Ultrasonographic findings in cattle with pleuropneumonia. *Vet. Rec.* 141, 12-17.

DAHME, E. und E. WEISS (1999): Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Ferdinand Enke, Stuttgart.

EIBENBERGER, K. L., W. I. DOCK, M. E. AMMANN, R. DORFFNER, M. F. HORMANN and F. GRABENWÖGER (1994): Quantification of pleural effusions - sonography versus radiography. *Radiology* 191, 681-684.

GORG, C., R. WEIDE, E. WALTERS and W. B. SCHWERK (1995): The one-sided light lung on a chest x-ray: A sonographic challenge. *Tumordiagnos. & Ther.* 16, 223-229.

HOUGHTON, S. B. and R. N. GOURLAY (1983): Synergism between *Mycoplasma bovis* and *Pasteurella haemolytica* in calf pneumonia. Vet. Rec. 113, 41-42.

KAEMMERER, H., A. MAJEWSKI und H. H. WAGNER (1986): Die Sonographie in der Diagnostik pleuropulmonaler Krankheitsbilder. Fortschr. Med. 104, 441-443.

KELBEL, C., N. BORNER, S. SCHADMAND, K. J. KLOSE, L. S. WEILEMANN, J. MEYER und M. THELEN (1991): Diagnostik von Pleuraergüssen und Atelektasen: Sonographie und Radiologie im Vergleich. Fortschr. Röntgenstr. 154, 159-163.

KIROPES, A. L., D. G. BUTLER, R. R. DUBIELZIG and K. A. BECK (1988): Enzootic pneumonia in calves - clinical and morphologic features. Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 10, 248-260.

KOTLIKOFF, M. I. and J. R. GILLESPIE (1983): Lung sounds in veterinary-medicine .1. Terminology and mechanisms of sound production. Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 5, 634-639.

KOTLIKOFF, M. I. and J. R. GILLESPIE (1984): Lung sounds in veterinary-medicine .2. Deriving clinical information from lung sounds. Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 6, 462-467.

KROEGEL, C. und A. REISSIG (2000): Transthorakale Sonographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York.

LICHTENSTEIN, D. and O. AXLER (1993): Intensive use of general ultrasound in the intensive-care unit - prospective-study of 150 consecutive patients. Intensive Care Med. 19, 353-355.

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE (1987): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 6. Auflage. Paul Parey, Berlin und Hamburg.

PSCHYREMBEL (2000): Klinisches Wörterbuch. 258. Auflage. Walter de Gruyter, Berlin New York.

PUSTERLA, N, U. BBRAUN, P. GREEST und P. OSSENT (1995): Ein Fall von Lungenadenomatose bei einem Schaf – Diagnose durch Lungenbiopsie unter Ultraschallkontrolle. Tierärztl. Umschau 50, 340-343.

PUSTERLA, N, JB PUSTERLA, B. THÜR und P. RÜSCH (1996): Chylothorax bei einem Kalb. Tierärztl. Prax. 24, 554-558.

RABELING, B., J. REHAGE, D. DOPFER and H. SCHOLZ (1998): Ultrasonographic findings in calves with respiratory disease. Vet. Rec. 143, 468-471.

RADEMACHER, G. (2000): Kälberkrankheiten. BLV Verlagsgesellschaft, München.

RANTANEN, N. W. (1981): Ultrasound appearance of normal lung borders and adjacent viscera in the horse. Veterinary Radiology 22, 217-219.

RANTANEN, N. W. (1986): Diseases of the thorax. Vet. Clin. N. Am.-Equine Pract. 2, 49-66.

RANTANEN, N. W. (1994): Diagnosis of pleural effusion in the horse using diagnostic ultrasound. J. Equine Vet. Sci. 14, 15-16.

RANTANEN, N. W. (1998): Equine Diagnostic Ultrasonography. Williams and Wilkins, Philadelphia.

RANTANEN, N. W., L. GAGE and M. R. PARADIS (1981): Ultrasonography as a diagnostic-aid in pleural effusion of horses. Veterinary Radiology 22, 211-216.

REEF, V. B. (1998): Thoracic ultrasonography: Noncardiac imaging. In: Equine Diagnostic Ultrasound. Williams and Wilkins, Philadelphia.

REEF, V. B., M. G. BOY, C. F. REID and A. ELSER (1991): Comparison between diagnostic ultrasonography and radiography in the evaluation of horses and cattle with thoracic disease - 56 cases (1984-1985). J. Am. Vet. Med. Assoc. 198, 2112-2118.

REICHLE, J. K. and E. R. WISNER (2000): Non-cardiac thoracic ultrasound in 75 feline and canine patients. Vet. Radiol. & Ultrasound 41, 154-162.

REIMER, J. M. (1990): Diagnostic ultrasonography of the equine thorax. Comp. Cont. Educ. Pract. Vet. 12, 1321-1327.

ROSENBERGER, G. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Auflage. Paul Parey, Berlin und Hamburg.

SCHULZ, L. (1991): Pathologie der Haustiere. 1. Auflage. Gustav Fischer, Jena.

SCOTT, P. R. (2000): Extensive fibrinous pleurisy associated with *Streptococcus dysgalactiae* mastitis in two ewes. Vet. Rec. 146, 347-349.

SCOTT, P. R. and M. E. GESSERT (1998): Ultrasonographic examination of the ovine thorax. Vet. J. 155, 305-310.

SICHER, D. (1995): Sonographische Untersuchungen an Lunge, Mediastinum und Milz des Rindes. Dissertation, Universität Zürich.

STADLER, P. (1990): Ultraschalluntersuchung des Thorax beim Pferd. Pferdeheilkunde 6, 213-228.

STÖBER, M. (1990): Atmungsapparat. In: Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 242-287.

STÖBER, M. (2002): Krankheiten von Bronchen und Lunge. In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Hrsg. G. Dirksen, H.-D. Gründer, M. Stöber, 4. Auflage. Parey Buchverlag, Berlin, 295-345.

STOWATER, J. L. and C. R. LAMB (1989): Ultrasonography of noncardiac thoracic diseases in small Animals. J. Am. Vet. Med. Assoc. 195, 514-520.

TARGHETTA, R., J. M. BOURGEOIS, R. CHAVAGNEUX, E. COSTE, D. AMY, P. BALMES and L. POURCELOT (1993): Ultrasonic signs of pneumothorax - preliminary work. J. Clin. Ultrasound 21, 245-250.

TIDWELL, A. S. (1998): Ultrasonography of the thorax (excluding the heart). Vet. Clin. N. Am.-Small Anim. Pract. 28, 993-1015.

WEINBERG, B., E. E. DIAKOUMAKIS, E. G. KASS, B. SEIFE and Z. BENZVI (1986): The air bronchogram - sonographic demonstration. Am. J. Roentgenol. 147, 593-595.

WERNECKE, K., M. GALANSKI, P. E. PETERS und J. HANSEN (1989): Sonographische Diagnose des Pneumothorax. Fortschr. Röntgenstr. 150, 84-85.

YANG, P. C., K. T. LUH, D. B. CHANG, C. J. YU, S. H. KUO and H. D. WU (1992): Ultrasonographic evaluation of pulmonary consolidation. Am. Rev. Respir. Dis. 146, 757-762.

YANG, P. C., K. T. LUH, Y. C. LEE, D. B. CHANG, C. J. YU, H. D. WU, L. N. LEE and S. H. KUO (1991): Lung abscesses - ultrasound examination and ultrasound-guided transthoracic aspiration. Radiology 180, 171-175.

ZIMMER, T., T. ROST, M. PATAN, M. C. DULCE, R. M. LIEHR und E. O. RIECKEN (1997): Endoskopischer Ultraschall pathologischer Mediastinalbefunde. Radiologe 37, 165-169.

9. LEBENSLAUF

Christian Gerspach

27. August 1969	geboren in Düsseldorf
1976 – 1980	Grundschule in Düsseldorf
1980 – 1990	Gymnasium in Düsseldorf
1990	Abitur
1990 – 1992	Zivildienst
1992 – 1994	Berufsausbildung zum Landschaftsgärtner in Langenfeld
1994 – 2000	Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin
2000	Staatsexamen
Seit 1. April 2000	Assistent und Doktorand am Departement für Nutztiere der Universität Zürich.

10. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich allen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben, ganz herzlich danken, insbesondere

Herrn Prof. Dr. U. Braun für die Überlassung des Themas, die Übernahme des Referates und die stets gewährte freundliche Unterstützung und Betreuung.

Herrn Prof. Dr. A. Pospischil für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Prof. Dr. H. Lutz und den Laborantinnen des Veterinärmedizinischen Labors für die Ausführung der Laboruntersuchungen.

Herrn PD Dr. M. Hässig für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Herrn Prof. Dr. A. Pospischil, Herrn Dr. T. Sydler und den Assistierenden des Institutes für Veterinärpathologie für die Hilfe bei der Sektion der Kälber und die histologischen Untersuchung.

Frau Marianne Mathys für die Erstellung der Graphiken.

Den AssistentInnen der Abteilung Rindermedizin für die stets freundliche Hilfe bei den Untersuchungen.

Den Tierpflegerinnen und Tierpflegern der Nutztierklinik für die fachgerechte Pflege der Tiere und besonders Frau Alexandra Thöni für die tatkräftige Unterstützung bei den Untersuchungen.

